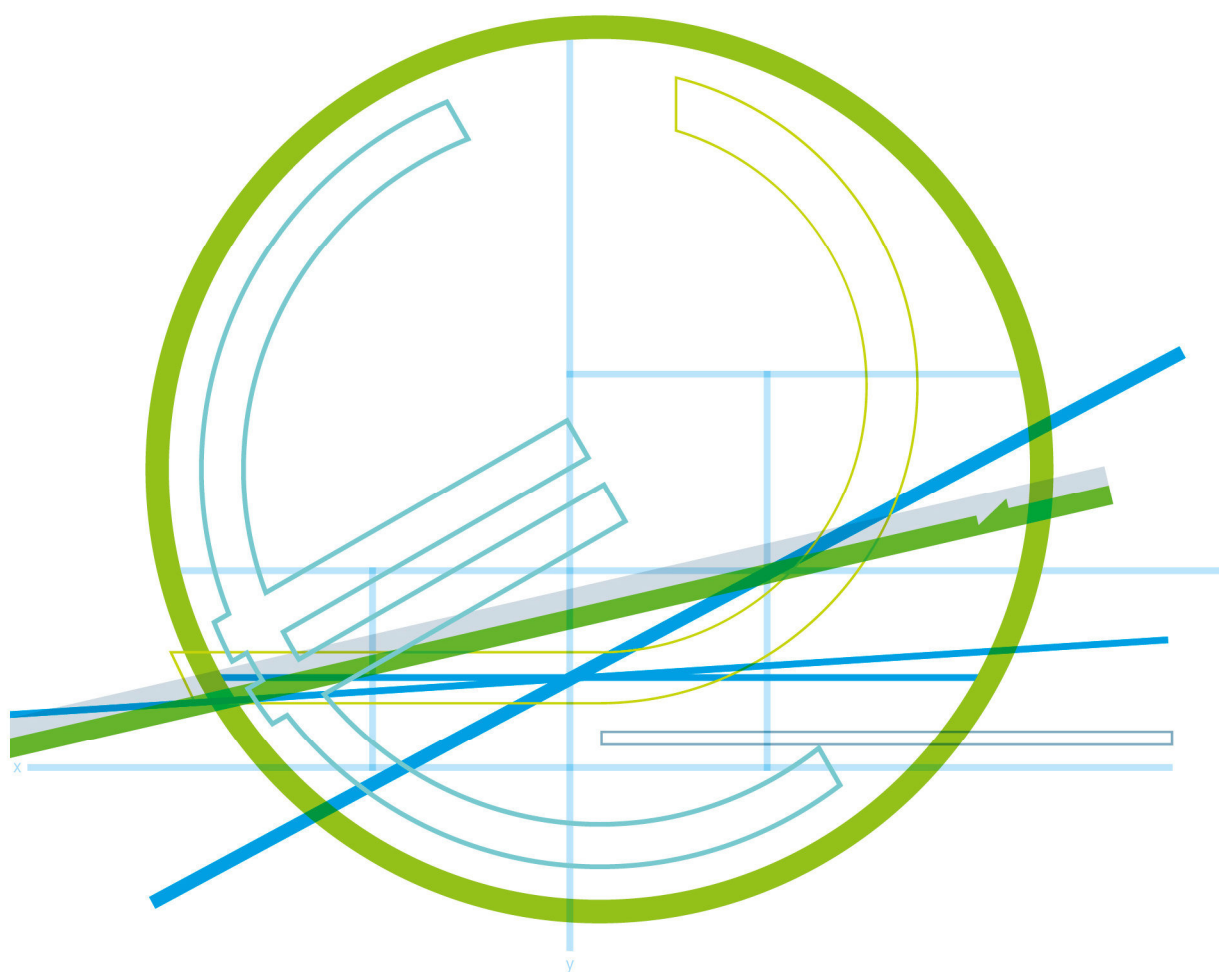


FB-Vision 2020

Energieversorgung

Braucommune in Freistadt



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung.....	3
1.2	Schwerpunkte des Projektes	4
1.2.1	Ausgangssituation/Motivation des Projektes	4
1.2.2	Zielsetzung des Projektes	5
1.3	Einordnung in das Programm.....	5
1.4	Verwendete Methoden und Aufbau der Arbeit.....	7
2	Inhaltliche Darstellung und Projektergebnisse	10
2.1	Festlegung der Rahmenbedingungen der Szenarien	10
2.1.1	Energieeffizienzanalyse der Brauerei.....	12
2.1.2	Entwicklung von Umwelt- und Energiekennzahlen für Brauereien.....	15
2.2	Datenbank der möglichen Technologien im Netzwerk.....	16
2.3	Vorlage von mindestens vier Zukunftsszenarien für das Energiesystem Brauerei-Stadt	18
2.3.1	Szenario 1: Technologienetzwerk Brauerei - Business as Usual (BAU)	22
2.3.2	Szenario 2: Technologienetzwerk Brauerei Freistadt – Verwendung regionaler Ressourcen inklusive Einbindung der Biogasanlage – OPTIMALE STRUKTUR	24
2.3.3	Szenario 3: Technologienetzwerk Brauerei Freistadt – Verwendung regionaler Ressourcen ohne Biogas	27
2.3.4	Brauerei Freistadt - Solarthermie und Photovoltaik	30
2.3.5	Zusammenfassung der Szenarien für die Braucommune Freistadt	30
2.3.6	Szenario 4: Technologienetzwerk Braucommune und Altstadt von Freistadt - Business as Usual (BAU).....	31
2.3.7	Szenario 5: Optimales Netzwerk Braucommune und Altstadt von Freistadt	32
2.3.8	Szenario 6: Technologienetzwerk für Braucommune und Altstadt von Freistadt – ohne Verwendung von fossilen Energieträgern.....	35
2.3.9	Szenario 7: Technologienetzwerk für Braucommune und Altstadt von Freistadt – ohne Verwendung fossiler Energieträger und ohne Biogasversorgung	37
2.3.10	Szenario 8: Technologienetzwerk für Braucommune und Altstadt von Freistadt 10% höherer Wärmebedarf der Stadt	38
2.3.11	Zusammenfassung der Szenarien für ein gemeinsames Technologienetzwerk Brauerei und Altstadt von Freistadt	40
2.4	Abschätzung des Energieverbrauchs in den Versorgungsgebieten.....	42
2.4.1	Energiedatenerhebung	42
2.4.2	Abgrenzung der potenziellen Versorgungsgebiete	43
2.5	Abschätzung des Versorgungs-Hinterlandes	45

2.6	Ökologische Bewertung der Szenarien und Abschätzung des CO₂ Einsparungspotenzials	47
2.7	Regionalökonomische Bewertung der Szenarien	50
2.7.1	Volkswirtschaftliche Auswirkungen	50
2.7.2	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Technologieumstellung der Brauerei	51
2.7.3	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Technologieumstellung inklusive einer zusätzlichen Wärmeversorgung für die Freistädter Altstadt	57
2.8	Beschreibung der eventuellen Schwierigkeiten bei der Erreichung der geplanten Ziele	64
2.9	Beschreibung der „Highlights“ des Projektes	65
3	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	66
4	Ausblick und Verwertung der Ergebnisse	68
5	Literaturverzeichnis	70
6	Anhang	73
6.1	Die Prozessnetzwerksynthese (PNS)	73
6.2	Beschreibung der Methode des Sustainable Process Index (SPI)	75
6.3	Eingangsparameter für die Prozesssynthese (PNS)	78
6.4	NAWARO – Biogasanlage Freistadt	82
6.5	Verbrauchsdaten als Grundlage für die PNS-Eingabe	83
6.6	Methodik der Volkswirtschaftlichen Analyse	83
6.7	Dachflächenausmittlung und Ermittlung der Wärmebelegung in den Gebieten von Freistadt	88
6.8	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	92

Kurzfassung

Das Projekt FB-Vision 2020 untersuchte die Durchführbarkeit einer tiefgreifenden Technologieumstellung in der Energiebereitstellung für eine Brauerei, die in unmittelbarer Nähe einer historischen, denkmalgeschützten und damit nicht beliebig thermisch sanierbaren Altstadt liegt. Optionen werden aufgezeigt, um die Brauerei alleine sowie alternativ Industriebetrieb und Altstadt mit Energie zu versorgen. Die Bereitstellung der Energie für Industrie und gegebenenfalls Altstadt sollte dabei ausschließlich mit erneuerbaren Ressourcen erfolgen.

Die Ausgangslage in Freistadt war eine besondere: Die speziellen Eigentumsverhältnisse – die Brauerei ist eine Braucommune im Besitz der HauseigentümerInnen der Stadt – erlaubte eine systemische Herangehensweise an die Neugestaltung des Energiesystems und bieten günstige Voraussetzungen für eine Gesamtoptimierung.

Eine wesentliche Aufgabe innerhalb des Projektes war, durch effiziente Methoden die optimalen Technologienetze zu finden. Es wurden Szenarien für den Braubetriebs alleine sowie für das System Brauerei-Altstadt zur Versorgung mit Wärme und Strom auf Basis regional vorhandener Ressourcen erstellt. Neben der Entwicklung eines optimalen Technologienetzes mit der Methode der Prozessnetzwerksynthese wurden nicht nur energieaufkommensseitig Versorgungskonzepte generiert, sondern auch die Steigerung der Energieeffizienz bzw. die Reduktion des Energiebedarfs berücksichtigt. Die im Rahmen des Projektes entwickelten Szenarien wurden ökologisch mit dem „Sustainable Process Index (SPI)“ und im Hinblick auf ihren regionalwirtschaftlichen Einfluss bewertet.

Die Ergebnisse der Bewertung wurden so aufbereitet, dass sie den involvierten AkteurlInnen als Basis einer weitreichenden und zukunftsfähigen Entscheidung dienen können. Sie zeigen deutlich, dass die Verschränkung von Brauerei und Altstadt trotz anfangs hoher Investitionskosten mittelbis langfristig eine Win-Win-Situation für alle Beteiligten und eine deutliche Verringerung des ökologischen Drucks bringen würde.

Abstract

FB-Vision 2020 assessed the possibility to implement a technological overhaul of a brewery in Freistadt. The goal of this overhaul was on the one hand a more efficient brewery operation based on renewable energy sources and on the other hand the supply of the city that includes a historical city centre which is subject to monument protection regulations. Both, the industrial operation as well as the city, should only be supplied by renewable energy.

The starting point in the case of Freistadt was however very special: the particular ownership structure (the brewery is owned by the landlords of the city known as “Braucommune”) allowed a systemic optimisation of the entire energy system. This particular ownership structure ensured that advantages for the brewery itself and the city automatically add to an overall economic optimum.

With that an interesting window of opportunity was given at a time when rising energy prices and concern about climate change force in a new energy era.

The main task of the current project was the efficient generation of scenarios (by means of combinatorial process synthesis) for technology networks that on the one hand supply the brewery process with the required energy and on the other hand serve the energy requirements of the city of Freistadt. The technology network as an outcome should be based solely on renewable, regional resources. The aim of the scenario development was to find the optimal structure of a technology network which provides optimal local and regional economical profit while reducing the environmental pressure (compared to the status quo) considerably. In particular the developed energy system should contribute significantly to the reduction of climate relevant gases.

The developed scenarios thoroughly evaluated with respect to their environmental impact as well as their contribution to local economical development and profit. The results of this evaluation could be brought in a form that is amenable to the actors on the ground with the goal to support their far reaching decision for an energy system. The results clearly showed that cooperation between city and brewery concerning their energy systems could lead to an economical win-win situation with lower ecological pressure at the same time.

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Das Projekt FB-Vision 2020 sollte die Durchführbarkeit einer tiefgreifenden Technologieumstellung in der Energiebereitstellung auf erneuerbare Energieversorgung der Braucommune Freistadt im Kontext der Nutzung von Abwärme des Brauereibetriebes als Raumwärme in den Häusern der Freistädter Altstadt überprüfen. Die Ausgangslage in Freistadt war eine besondere, sowohl aufgrund der speziellen Eigentumsverhältnisse der Brauerei (die Brauerei ist als Braucommune im Besitz der Hauseigentümer der Stadt), als auch aufgrund des Denkmalschutzes in der Altstadt. Für die Stadt Freistadt eröffnet sich durch die bevorstehende Umgestaltung der Brauerei ein "Window of Opportunity" zu einer umfassenden Neugestaltung der Energiezukunft der Stadt. Diese Gelegenheit kommt zu einer Zeit, in der durch steigende Energiepreise und die wachsende Urgenz für Maßnahmen gegen den Klimawandel die Bereitschaft zu langfristigen Lösungen in der Bevölkerung ebenso wie in Betrieben groß ist. Die Voraussetzungen, eine zukunftsweisende und umfassende Energielösung in Freistadt zu implementieren sind somit günstig.

Zusätzlich zu Faktoren wie steigenden Energiepreisen und steigendem Bewusstsein, dem Klimawandel entgegen wirken zu müssen, kamen in der speziellen Situation der Stadt Freistadt noch weitere Faktoren hinzu. Zum einen bestand durch das langjährige Wirken der Stadtgemeinde in Stadt und Bezirk Freistadt bereits ein erhöhtes Bewusstsein über erneuerbare Energieformen und effiziente Energienutzung in der Bevölkerung. Zum anderen erlaubte die bereits erwähnte Gesellschaftsform der Brauerei eine systemische Optimierung des Energiesystems eines Industriebetriebes und einer Stadt. Damit waren in Freistadt Rahmenbedingungen gegeben, die die Implementierung eines nachhaltigen Energiesystems mit der Stärkung der regionalen Wirtschaft und der regionalen Wertschöpfung mit der Erhaltung des einmaligen kulturellen Erbes denkmalgeschützter Gebäude verbindet.

Das Projekt FB-Vision 2020 sollte die Neuplanung der Brauerei unterstützen. Die Relevanz des Projektes selbst lag dabei darin, dass durch gemeinsame raumplanerische und technologisch-systemische Optimierung innovative Szenarien für die Umgestaltung der Energieversorgung des Betriebes und der Stadt Freistadt entwickelt werden konnten. Diese Szenarien wurden so angelegt, dass die Gesamtwertschöpfung der AkteurlInnen (also des Braubetriebes und der BürgerInnen der Stadt Freistadt) gemeinschaftlich optimiert wurden. Damit kann aufgezeigt werden, welcher ökonomische Nutzen bei einer umfassenden Optimierung eines komplexen Energiesystems, das Industrie und Energieversorgung für eine Kommune umfasst, erzielbar wäre. Letztendlich sollte mit dem Projekt FB-Vision 2020 auch für andere Situationen in Österreich, wo Wohngebiete von industriellen Betrieben mit Energie versorgt werden könnten, eine belastbare und praxiserprobte Referenz entworfen werden. Diese Referenz kann als Orientierung für andere lokale und regionale Vorhaben dienen, in denen Kommunen, BürgerInnen und Industriebetriebe gemeinsam am Klimaschutz und der Steige-

rung der lokalen und regionalen Wertschöpfung arbeiten. Damit gewinnt das Projekt weit über seinen direkten Bezug zu Freistadt an Relevanz für Österreich.

Das Projekt ermöglichte die Anwendung, Überprüfung und Weiterentwicklung einer Methode, die erlaubt, auf Basis einer Wärmebedarfserhebung und mithilfe eines Geoinformationssystems Gebiete abzugrenzen, in denen die Wärmeversorgung mit einer förderwürdigen Biomasse-Nahwärmanlage möglich ist. In einem weiteren Schritt erfolgte die Verknüpfung der Methode mit der Ermittlung Ressourcen-Hinterlandes der Energieversorgung. Ziel war die Multiplizierbarkeit dieser Methode für andere Gemeinden zu erreichen – insbesondere für die Erstellung von Machbarkeitsstudien im Bezug auf leitungsgebundene Energieversorgung.

Die somit erhaltenen Daten konnten in die kombinatorische Prozesssynthese, mit der optimale Technologienetzwerke ermittelt werden können, einfließen. Dies kann als wesentliche Aufgabe des Projekts angesehen werden. Bei der Methode der Prozesssynthese konnten hierbei auch die Nutzung regional vorhandener Ressourcen in Betracht gezogen werden. Des Weiteren wurden nicht nur energieaufkommensseitig Versorgungskonzepte generiert, sondern auch die Steigerung der Energieeffizienz bzw. die Reduktion des Energiebedarfs berücksichtigt.

Die im Rahmen des Projektes entwickelten Szenarien wurden ökologisch und im Hinblick auf ihren regionalwirtschaftlichen Einfluss bewertet. Die Ergebnisse der Bewertung wurden so aufbereitet, dass sie den involvierten AkteurInnen als Entscheidungsbasis dienen können. Mit der Szenarienentwicklung wurde es möglich, jene Technologiestrukturen abzubilden, die bei optimaler lokaler und regionaler Wertschöpfung zu einem minimalen Umweltdruck führen.

1.2 Schwerpunkte des Projektes

1.2.1 Ausgangssituation/Motivation des Projektes

In der Braucommune Freistadt sind in den nächsten Jahren verschiedene Umbauten geplant, die einerseits einer Modernisierung des Brauprozess dienen sollen, andererseits die Energieversorgung der Brauerei derart umstellen sollen, dass ein nachhaltiges und umweltfreundliches Wirtschaften gewährleistet wird. Die damit einhergehende Steigerung der Energieeffizienz sowie der Umstieg auf eine erneuerbare, nachhaltige Energieversorgung hat heute zentrale Bedeutung in verfahrenstechnischen Prozessen wie sie auch in der Braucommune in Freistadt zur Anwendung kommen. Die Zielsetzung der Realisierung dieser Möglichkeiten ist nicht nur aus ökologischen Gesichtspunkten, sondern insbesondere auch im Sinne einer Wirtschaftlichkeit durch Reduktion der Energiekosten interessant.

Aufgrund der speziellen Eigentümerstruktur der Brauerei, die als Braucommune geführt wird, befindet sich die Brauerei im Besitz der HauseigentümerInnen der Altstadt. Die im 18. Jahrhundert von den „Freistädter Brauinteressenten“ erworbenen Rechte und Pflichten blieben bis heute unangetastet und haben auch jetzt noch ihre Gültigkeit. Die „Commune“ als Rechtsform einer Firma ist derzeit im Handelsregister/Firmenbuch als solche eingetragen

und gilt mittlerweile als letzte ihrer Art in Europa. Des Weiteren sind die Gebäude der Altstadt denkmalgeschützt, was Energieeffizienzmaßnahmen schwer realisierbar macht.

Diese zwei Aspekte boten einen interessanten Ansatzpunkt für Innovationen in der Entwicklung einer gemeinsamen „Energiezukunft“ für die Stadt und den Betrieb der Brauerei: Durch die enge Verschränkung von Haus- und Betriebseigentum bietet sich eine gemeinsame Optimierung der Energieversorgung der Stadt und der Brauerei an. Meist sind die Interessen der WohnungseigentümerInnen und jene der Betriebe, die (Ab-)Wärme zur Verfügung stellen, unterschiedlich und stehen oft einer systemischen Optimierung entgegen. Im Falle der AkteurInnen von Freistadt handelt es sich jedoch um die gleiche Interessensgruppe. Im Projekt konnte gezeigt werden, welches Potenzial zur Verringerung des Ausstoßes klimarelevanter Gase durch eine gemeinsame Optimierung eines Industrieprozesses und der Energieversorgungssituation einer Kommune erreicht werden kann. Gleichzeitig erlaubte die besondere Eigentümerkonstellation auch die vollständige Optimierung der lokalen Wertschöpfung, da Haushalte und Industriebetrieb gleichermaßen an der Wertschöpfung beteiligt sind.

1.2.2 Zielsetzung des Projektes

Die Zielsetzung des Projektes liegt in der Untersuchung der Durchführbarkeit einer tiefgreifenden Technologieumstellung in der Energiebereitstellung der Braucommune Freistadt auf erneuerbare Energieversorgung bei gleichzeitiger Nutzung von Abwärme des Brauereibetriebes als Raumwärme in den Häusern der Freistädter Altstadt. Damit sollte ein Weg der nachhaltigen Energieversorgung, die dem Denkmalschutz gerecht wird, aufgezeigt werden. Durch umfassende ökonomische und ökologische Bewertung der Alternativen sollte eine Entscheidungsgrundlage für die Durchführung der geplanten Umsetzungsaktivitäten geboten werden.

Schließlich wird die Studie in Zusammenarbeit mit den AkteurInnen sowohl der Braucommune als auch den BewohnerInnen der Stadt Freistadt durchgeführt. Es ist Ziel des Projektes, nicht nur die Umsetzung eines innovativen Energievorhabens vorzubereiten, sondern auch einen umfassenden Diskurs über die gemeinsame Gestaltung einer nachhaltigen Energiezukunft in Freistadt weiterzuführen und zu begleiten.

Das Projekt zielte demnach auf zwei unterschiedliche Ergebnislinien ab: Einerseits auf die Entwicklung innovativer Szenarien für das Energiesystem zur gemeinsamen Versorgung des Brauereibetriebes und der Stadt. Andererseits auf eine umfassende regionalökonomische und ökologische Bewertung dieser Szenarien und Aufbereitung der Ergebnisse der Bewertungen für die Unterstützung bei Entscheidungsprozessen.

1.3 Einordnung in das Programm

Als Sondierung bzw. Technische Durchführbarkeitsstudie trägt das Projekt FB-Vision 2020 im Programm von „Neue Energien 2020“ bezüglich seiner grundlegenden Ausrichtung vor allem zum effizienten Energieeinsatz bei, ist aber genauso dem Bereich der erneuerbaren Energieträger zuzurechnen. Bei den Programmzielen können die Projektergebnisse in den

Kriteriengruppen der energiestrategischen, systembezogenen und technologiestrategischen Ziele eingeordnet werden. Diese sind im Folgenden:

Energiestrategische Ziele:

- Sicherstellung der Kriterien der Nachhaltigkeit: ökonomisch, ökologisch und sozial dauerhaft
- Aufbau und Sicherung langfristig klimaschützender Raum- und Wirtschaftsstrukturen
- Erzielung struktureller und langfristig quantitativ maßgeblicher Effekte

Diese Ziele, vor allem der Aufbau und die Sicherung langfristig klimaschützender Raum- und Wirtschaftsstrukturen, sind Hauptziele von FB-Vision 2020. Das Projekt zeigt, dass – unabhängig von einer Einzellösung für die Brauerei oder einer großen Lösung mit Fernwärmeversorgung der Altstadt – langfristig regionale Gewinne an Wertschöpfung mit einer massiven Reduktion des Umweltdrucks erzielt werden können. Die Machbarkeitsstudie hat dabei gezeigt, dass die Einrichtung einer an die örtliche Industrie bzw. Brauerei gekoppelte Versorgung der Stadt Freistadt mit Energie aus erneuerbaren Quellen möglich ist. Weiters wurden Szenarien für die strukturelle Verbesserung der lokalen Energieversorgung durch Vernetzung von Industriebetrieb und Altstadt mit wissenschaftlichen Methoden aufgezeigt.

Systembezogene Ziele:

- Reduktion des Verbrauchs fossiler und nuklearer Energieträger
- Entwicklung intelligenter und robuster Energiesysteme
- Multiplizierbarkeit, Hebelwirkung und Signalwirkung

Die Ergebnisse der Szenarien zeigen, dass – abgesehen vom Business as Usual – der Verbrauch fossiler und nuklearer Energieträger drastisch gesenkt werden könnte. Obwohl die tatsächliche Umsetzung einer großen Lösung mit Fernwärmeversorgung der Altstadt von Freistadt aufgrund der hohen Investitionskosten ungewiss ist, hat das Projekt FB-Vision 2020 gezeigt, dass langfristig die mit robusten Technologiestrukturen ausgestattete Koppelung von Industrie und privaten Haushalten durchaus Sinn ergeben kann und sowohl ökonomisch als auch ökologische Vorteile mit sich bringt.

Technologiestrategische Ziele:

- Erhöhung des inländischen Wertschöpfungsanteils:
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch verbesserte Ressourceneffizienz
- Kooperation mit Gebietskörperschaften und Unternehmungen aus Industrie, Energie- und Versicherungswirtschaft

Durch die Umstellung des Brauereiprozesses auf erneuerbare und regionale Energieträger erhöht sich je nach Szenario der inländische Wertschöpfungsanteil. Die Ergebnisse der Szenarien haben gezeigt, dass es durch die Umstellung der Energieversorgung der Brauerei zudem zu einer Kostenersparnis kommt, was positive Effekte auf die Wettbewerbsfähigkeit der Brauerei erwarten lässt. Weiters hat FB-Vision 2020 als Machbarkeitsstudie gezeigt,

dass sowohl eine Einzellösung als auch eine gemeinschaftliche Umsetzung eines Energiesystems, das eine Stadt und einen Industriebetrieb versorgt, möglich ist.

1.4 Verwendete Methoden und Aufbau der Arbeit

Zu Beginn des Projektes wurden unter Berücksichtigung der Prozessführung der Brauerei und der Versorgung der Wohngebiete in der Stadt mit allen Projektpartnern und den AkteurInnen vor Ort die Rahmenbedingungen festgelegt. Mit Hilfe von technologischen und ökonomischen Daten der Partner konnten anschließend Szenarien erstellt werden, die sowohl Wünsche als auch Visionen der AkteurInnen berücksichtigen. Hierzu zählten Aspekte wie die zukünftige Preisentwicklungen von Rohstoffen und Energiedienstleistungen, die zukünftigen Erweiterungspläne der lokalen Wirtschaft und der Gebäudenutzung sowie der Gebäudeausstattung und die zukünftigen Reduktionspotenziale beim Verbrauch durch Effizienzsteigerung und Synergiemaßnahmen.

Aus den Diskussionen und der Zusammenarbeit mit der Braucommune in Freistadt konnte ein Fundus an technischen und ökonomischen Daten der eingesetzten oder für den Einsatz möglichen Technologien gewonnen werden. Diese Werte fanden in einer für das Projekt erstellten Datenbank Eingang und standen für die Entwicklung des Technologienetzwerks zur Verfügung. Da sich jedoch im Laufe der Szenarienentwicklung herausstellte, dass die Daten, die von der Brauerei zur Verfügung gestellt wurden, für eine genaue Analyse nicht ausreichend sind, musste auf Werte aus der Literatur zurückgegriffen werden. Mit diesen beiden Grundlagen konnte anschließend ein durchschnittlicher Verbrauch der einzelnen Monate berechnet werden, der in weiterer Folge bis hin zu Tagesverbräuchen heruntergebrochen wurde. Es ist daher in der Szenarienbetrachtung zu berücksichtigen, dass aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit reeller Daten der Braucommune Freistadt zum Teil mit Näherungswerten aus eigenen Berechnungen gearbeitet werden musste.

Im Rahmen der Primärdatenerhebung zur Generierung von Inputdaten für die Prozessnetzwerksynthese¹ bzw. die Erstellung von Szenarien für das Energiesystem Brauerei und Altstadt wurde der Brauprozess der Brauerei Freistadt analysiert, um die einzelnen Verfahrensschritte hinsichtlich der Funktion und des Energieverbrauchs beurteilen zu können. Dabei wurden ein Blockfließbild der Brauerei erstellt und alle Prozessschritte vom Malzlager bis zum Versandlager abgebildet und beschrieben. Die Analyse der Energieverbrauchssituation erfolgte sowohl auf Basis einer kumulierten Betrachtung der Energieträger nach ihrer jährlichen Einsatzmenge, als auch aufgeschlüsselt nach den wesentlichen Verbrauchsstellen.

Der Wärmebedarf der Altstadt und weiterer umliegender Siedlungsgebiete sowie die darauf aufbauende Abgrenzung von Fernwärmeversorgungsgebieten wurden in einem Geoinformationssystem (GIS) ermittelt. Die potenziellen Wärmeabnahmemengen wurden in die Prozessnetzwerksynthese eingespeist.

¹ Die Prozessnetzwerksynthese (PNS): Kurzbeschreibung im Anhang in Kapitel 6.1

Auf Basis der ermittelten Energieverbrauchszahlen für den derzeitigen Gesamtbetrieb der Brauerei wurden anschließend die damit verbundenen Schadstoffemissionen über spezifische Emissionskennzahlen aus der Literatur berechnet. Aufbauend auf die Charakterisierung der derzeitigen bzw. prognostizierten Energieverbrauchssituation wurden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz wie beispielsweise Wärmerückgewinnung aus der Würzekochung, die Realisierbarkeit einer Nutzung der Abwärme der Kälteanlage oder der Einsatz einer Abwasserwärmepumpe untersucht.

Methodisch stand zu Beginn der Energieeffizienzanalyse eine Literaturerhebung zum Stand der Technik, um ein Benchmarklevel zu generieren. Darauf folgten eine Empfehlung für die Errichtung des neuen Sudhauses und Vorschläge zur weiteren energietechnischen Optimierung des Brauereibetriebes. Weiters resultierten aufbauend auf der Analyse des Energieeinsatzes in der Brauerei die Optimierungsansätze zur elektrischen Effizienzsteigerung der Kälteanlage bzw. Möglichkeiten der Abwärmenutzung aus der Kälteanlage oder der Einsatz einer Abwasserwärmepumpe zur Beheizung der Brauereibetriebsgebäude.

Eine weitere Aufgabe innerhalb des Projektes bestand in der Dachflächenausmittlung aller Brauereigebäude als Basis für eine Potenzialabschätzung für Photovoltaik und Solarthermie (siehe Anhang Kapitel 6.7, Karte 1: Dachflächenausmittlung). Anhand eines Orthofotos wurden alle Dachflächen der Brauerei digitalisiert. Anschließend erfolgte die Berechnung der wahren Längen und wahren Flächen der jeweiligen Dächer durch Abschätzung der Dachneigung anhand von Fotos, die eigens zu diesem Zweck angefertigt wurden. Südorientierte Flächen wurden als sehr gut geeignet eingestuft, flach geneigte Ost- und Westdächer als gut geeignet. Aspekte des Denkmalschutzes wurden bei der Potenzialfeststellung nicht berücksichtigt. Die ermittelten Flächen konnten als nutzbare Fläche für solare Anwendungen in die Prozessnetzwerksynthese Eingang finden.

Die Dachflächenausmittlung ergab eine Gesamtfläche von 1.172 m² (südseitig), die sehr gut für die Installation von Photovoltaikpaneelen geeignet wäre, wobei nur auf den Steildächern des Hauptgebäudes (272 m²) eine direkte Montage möglich wäre. Auf den flach geneigten Dächern der Betriebsgebäude (900 m²) wäre eine Aufständigung erforderlich. Hinzu kommt noch das Satteldach der Flaschenhalle mit 765 m², das zwar ost- bzw. westorientiert ist, aber auf Grund der geringen Neigung immer noch als gut geeignet eingestuft werden kann².

Die Erstellung der Szenarien basierte im technisch-systemischen Bereich auf der kombinatorischen Prozessnetzwerksynthese (im weiteren kurz als PNS bezeichnet), die in mehreren Projekten ihr hohes Potenzial für die Strukturierung regionaler und lokaler Energiesysteme und Nutzungsnetzwerken für erneuerbare Ressourcen bewiesen hat³. In dieser Methode werden Technologien in einem Stoff- und Energiestromnetzwerk verknüpft, wobei die Struk-

² siehe Anhang Kapitel 6.7, Karte 1: Dachflächenausmittlung

³ Friedler, F., K. Tarjan, Y. W. Huang, and L. T. Fan (1992)

Friedler, F., K. Tarjan, Y. W. Huang, and L. T. Fan (1992)

Friedler, F., K. Tarjan, Y. W. Huang, and L. T. Fan (1993).

Friedler, F., J. B. Varga, and L. T. Fan (1995).

Nagy, A. B, F. Friedler, and L. T. Fan (1998)

Niederl, A.; Halasz, L.; Nagy, A. (2005)

Gwehenberger, G., Narodoslawsky, M. (2008)

turierung des Technologiennetzwerkes auf der Basis einfacher kombinatorischer Regeln erfolgt und wirtschaftliche Grunddaten (Investitionskosten, Betriebskosten, interne Verzinsung) herangezogen werden. Das Ergebnis dieser Prozesssynthese sind Strukturen von Technologien, die vorgegebene Rahmenbedingungen (etwa die notwendige Wärmeversorgung von Gebäuden, den Wärme- und Strombedarf von Prozessschritten innerhalb der Brauerei, etc.) erfüllen. Zusätzlich könnten noch weitere Aspekte in die Optimierung einbezogen werden (logistische Rahmenbedingungen wie Transportwege und Bereitstellungszeiträume von Rohstoffen, Zeitprofile von Energieanforderungen, etc.). Unterschiedliche Szenarien entstehen dabei insbesondere dadurch, dass die Rahmenbedingungen verändert werden (etwa durch verschiedene Annahmen zum Deckungsgrad des Wärmebedarfs der Stadt durch die betriebliche Abwärme, zusätzliche Wärmeabnehmer, unterschiedliche Annahmen für Preise und Kosten von Rohstoffen und Energiedienstleistungen, etc.).

Diese technologisch-systemischen Szenarien wurden dabei in den raumordnerischen Rahmen der Gegebenheiten in Freistadt eingepasst. Insbesondere wurden die bereits bestehenden Vorrangflächen für Fernwärmeversorgung, aber auch die Frage des Hinterlandes zur Energiebereitstellung (auch im Sinne der Logistik) mitberücksichtigt.

In einem weiteren Schritt kam es zu einer ökologischen und regionalwirtschaftlichen Bewertung der erstellten Szenarien, die ein umfassendes Energiesystem für Stadt und Brauerei Freistadt abbilden. Auf ökologischer Seite wurde diese Bewertung mit dem Sustainable Process Index⁴ (SPI) durchgeführt. Dieses Maß aus der Familie der ökologischen Fußabdrücke erlaubt eine auf Stoff- und Energiestrom bezogene umfassende ökologische Bewertung, aus der auch direkt das CO₂ Potenzial des jeweiligen Szenarios abgelesen werden kann. Eine kurze Beschreibung des SPI befindet sich im Anhang im Kapitel 6.2 Die regionalwirtschaftliche Bewertung wurde mit bewährten Mitteln der Volkswirtschaft, adaptiert auf die Fragestellungen dezentraler, örtlicher Systeme, durchgeführt⁵.

Während des Projekts erfolgte eine intensive Zusammenarbeit mit den AkteurInnen vor Ort. Die Stadt Freistadt ebenso wie die Braucommune sind bereits in die Antragstellung einbezogen worden. Um den Kontakt mit den AkteurInnen so eng wie möglich zu gestalten wurde in regelmäßigen Treffen der Projektfortschritt mit den AkteurInnen besprochen. Weiters wurde eine Veranstaltung organisiert, um dem Vorstand der Braucommune, in diesem Sinne den VertreterInnen der HausbesitzerInnen in der Altstadt, die vorläufigen Ergebnisse der Studie nahe zu bringen.

4 Narodoslawsky M and Krotscheck C. (1995)
Narodoslawsky, M.; Niederl, A.. (2005)

5 M. Preiner, G. Zettler (2007)
Kollmann, A.. (2009)

2 Inhaltliche Darstellung und Projektergebnisse

Im Projekt FB-Vision 2020 wurde der folgende inhaltliche Querschnitt, dargestellt anhand der Meilensteine (M1 – M9), vom Projektteam bearbeitet:

- M1: Festlegung der Rahmenbedingungen der Szenarien
- M2: Datenbank der möglichen Technologien im Netzwerk
- M3: Vorlage von mindestens vier Zukunftsszenarien für das Energiesystem Brauerei-Stadt
- M4: Abschätzung des Energieverbrauchs in den Versorgungsgebieten
- M5: Abschätzung des Versorgungs-Hinterlandes
- M6: Ökologische Bewertung der Szenarien und Abschätzung des CO₂ Einsparungspotenzials
- M7: Regionalwirtschaftliche Bewertung der Szenarien
- M8: Öffentliche Darstellung der Ergebnisse des Projektes
- M9: Endbericht: Ergebnisbericht über das Gesamtprojekt

Gemäß dieser Abfolge werden die Ergebnisse in einzelnen Berichtsteilen dargestellt.

2.1 Festlegung der Rahmenbedingungen der Szenarien

Um die Rahmenbedingungen für die Szenarienbildung festlegen zu können, musste zuerst eine Datenerhebung des Brauprozesses und die Ermittlung sonstiger Rahmenbedingungen durchgeführt werden. Die Braucommune in Freistadt ist eine von 22 gewerblichen Brauereien in Oberösterreich und die größte Brauerei im Mühlviertel. Die exakten Produktionszahlen für das Jahr 2007 sind in Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1: Produktionsdaten der Brauerei Freistadt im Jahr 2007

Produktion 2007	[hl]
Freistädter Bier	52.213
Freistädter Limonade	15.486
Handelsware	6.998
Summe	74.697

Quelle: Brauerei Freistadt

Im Bilanzjahr 2007 betrug der Endenergieverbrauch der Brauerei 4.794.768 kWh, wovon 22,3% auf Strom und etwa zwei Drittel auf Heizöl schwer (HOS) entfallen. Der restliche

Energieverbrauch von 10,7% entfällt auf Diesel für den Fuhrpark. Ohne Fuhrpark würde dies einen Energiebedarf von 4.287.498 kWh bedeuten, der zu fast $\frac{3}{4}$ durch Heizöl und zu $\frac{1}{4}$ aus Strom gedeckt wird. Der Erdgasbedarf für die Bereitstellung von Raumwärme beträgt lediglich 3,2%. Die genauen Verbrauchsdaten für das Jahr 2007 können der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Verbrauch an Energieträgern und Anteil am Gesamteinsatz im Jahr 2007

Energieträger	Verbrauch	Einheit	Verbrauch	Einheit	Anteil gesamt	Anteil ohne Diesel
Heizöl schwer	305.590	Liter	3.080.347	kWh	64,2%	71,8%
Erdgas	13.600	m ³	136.000	kWh	2,8%	3,2%
Strom	1.071.151	kWh	1.071.151	kWh	22,3%	25,0%
Diesel	51.762	Liter	507.270	kWh	10,6%	-
Summe	-	-	4.794.768	kWh	100,0%	100,0%

Quelle: eigene Berechnung auf Basis von Daten der Brauerei Freistadt

Aufbauend auf der Erhebung des Energieverbrauchs im Brauereibetrieb und des Fuhrparks wurden die in Tabelle 3 gelisteten Mengen an emittierten Luftschadstoffen berechnet. Diese Emissionen inkludieren neben den direkten Emissionen z.B. aus der Verfeuerung auch vorgelagerte Emissionen aus beispielsweise Förderung, Aufbereitung und Transport. Die vorgelagerten Emissionen wurden aus der GEMIS 4.5 Datenbank extrahiert.

Tabelle 3: Gesamte Schadstoffemissionen der Brauerei Freistadt pro Jahr

Schadstoff	Emissionen gesamt [kg/a]	Emissionen vorgelagert [kg/a]	Emissionen direkt [kg/a]
Kohlenmonoxid (CO)	1.743	621	1.121
Stickoxide (NO _x)	3.205	1.311	1.894
Kohlenwasserstoffe (HC)	458	364	94
Partikel (Staub)	279	237	42
Kohlendioxid (CO ₂)	1.601.157	530.089	1.071.068

Quelle: eigene Berechnung

Der erwartungsgemäß größte Wert findet sich beim Ausstoß von Kohlendioxid. Im Jahr 2007 ergibt sich eine errechnete Gesamtemission von 1.600 Tonnen, wobei (bedingt durch das Verfeuern von Heizöl schwer im Brauereiprozess) der Hauptanteil direkt anfällt. Die zweitgrößte Schadstoffgruppe sind die Stickoxide, von denen insgesamt etwa 3,2 Tonnen im Jahr emittiert werden, wieder entfallen etwa zwei Drittel auf die direkten und ein Drittel auf vorge-

lagerte Emissionen. Ähnlich verhält es sich bei dem mit einem Jahresausstoß von 1,7 Tonnen dritt wichtigsten Schadstoff Kohlenmonoxid.

Beruhend auf den Ergebnissen der detaillierten Energieverbrauchssituation, deren Erhebung auch als einer der Meilensteine des Projekts bezeichnet werden kann, erfolgte die Energieeffizienzanalyse des Brauereibetriebes, die Erarbeitung von Maßnahmen zur Optimierung des Brauereibetriebes aus der Literatur sowie der Entwurf eines möglichen Konzepts zur Abwärmenutzung. Die Ergebnisse aus diesem Projektschritt werden im Folgenden dargestellt und das Verfahrensfließbild der Brauerei vereinfacht in Abbildung 1, wobei der gesamte Bierbrauprozess mit den unterschiedlichen Verfahrensschritten und den verschiedenen Temperaturniveaus der Heiz- und Kühlkreisläufe ersichtlich ist.

2.1.1 Energieeffizienzanalyse der Brauerei

In der Brauerei ist das Kochen der Würze als jenes Verfahren mit dem größten Wärmeverbrauch identifiziert worden. Beim Kochen der Würze verdampfen in der Regel 6 bis 10 % des Sudes, die dabei entstehenden Brüden werden meist in die Atmosphäre abgeleitet, und stellen einen beträchtlichen Energieverlust dar. Die einfachste Möglichkeit der Wärmerückgewinnung aus den Brüden ist die Erzeugung von Heißwasser für verschiedene Prozesse, z.B. zur Nutzung in der Produktion zur Würzevorwärmung, für Reinigungszwecke, zum Spülen der Braukessel oder Heizen von Räumen. Es wird berichtet, dass die Wärme genutzt werden kann, um 98 °C heißes Wasser zu erzeugen, das die Würze vor dem Kochen vorwärmt. Die Würze kann durch die aus dem Dampfkondensat rückgewonnene Wärme von 72 °C auf etwa 90 °C erhitzt werden, was die Installation eines Energiespeichers erforderlich macht.⁶

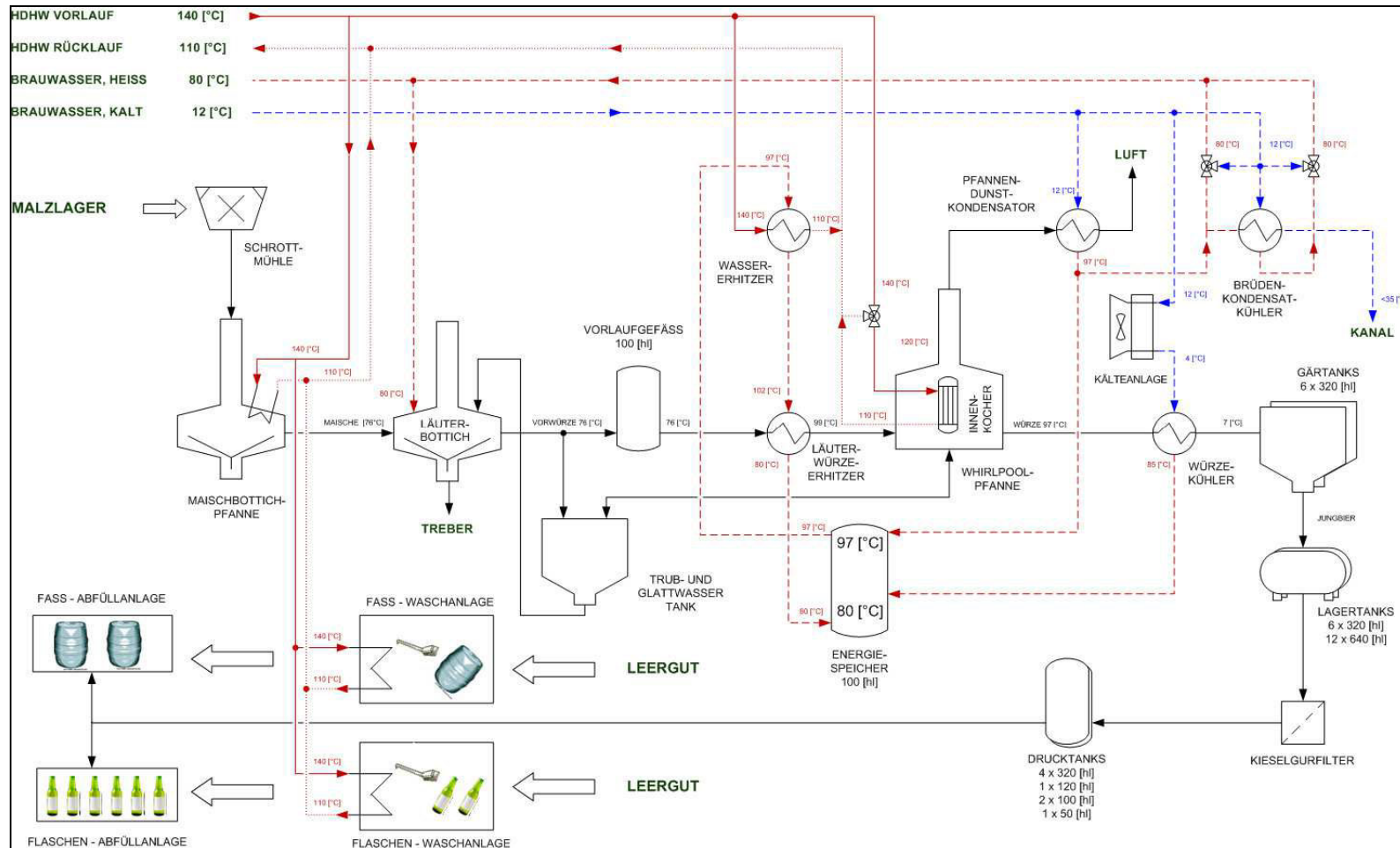
Im bestehenden Sudhaus der Brauerei Freistadt werden die Brüden aus der Würzekochung derzeit über Dach abgeführt und nicht genutzt. Mit dem Neubau des Sudhauses ist jedoch auch die Umstellung auf eine energieoptimierte Kochung mit Energiespeichersystem vorgesehen. Das Energiespeichersystem besteht aus einem Warm-/ oder Heißwasser-Verdrängungsspeicher, einem Pfannendunstkondensator, entsprechenden Plattenwärmetauschern sowie Förder- und Messeinrichtungen. Die Auslegung des Energiespeichers kann entweder auf die zu puffernde Wärme aus der Gesamtverdampfung einer Würzekochung oder nur auf den Wärmebedarf für die Würzeaufheizung bis zu einer Würzetemperatur erfolgen, die rund 2 K unterhalb der Heißwasservorlauftemperatur liegt. Bei der angewandten atmosphärischen Kochung mit einem Pfannendunstkondensator und einem Brüdenkondensatkühler ist die größte spezifische Warmwassermenge verfügbar.

In Bezug auf Energieeinsparungen ist der Verbrauch an Heißwasser ein wichtiger Parameter. Heißwasser entsteht in der Regel in einem Wärmetauscher beim Abkühlen der Würze von 100 °C auf die Fermentationstemperatur, z.B. etwa 10 °C.⁷ Dazu werden vorwiegend einstufige Plattenwärmeüberträger (PWÜ) als Würzekühler eingesetzt, aber auch mehrstufige Ausführungen des PWÜ werden eingesetzt, wobei bei der zweistufigen Würzekühlung die

⁶ Huppmann AG (2005)

⁷ IPPC-BREF Dokument (2006) 'Food, Drink and Milk Industries'.

Abbildung 1: Verfahrensfliessbild der Brauerei Freistadt



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten der Brauerei Freistadt

Abkühlung der Würze in der ersten Stufe durch nicht gekühltes Brauwasser, und in der zweiten Stufe mit Eiswasser oder einem Kälte Träger (z.B. Alkohol-Wasser-Gemisch) gekühlt wird. Im geplanten Sudhaus der Brauerei Freistadt kommt eine einstufige Würzekühlung zum Einsatz. Das im Gegenstrom erwärmte Brauwasser kann im Heißwassersystem der Brauerei für die diversen Verbraucher (hauptsächlich beim Maisch- und Würzekochvorgang) wiedereingesetzt werden.

Für die Reduktion der Stromkosten ist die Einbindung wesentlicher Verbraucher in ein Lastmanagementsystem zu prüfen. Vor allem die neue und bestehende Kühlanlage, aber auch z.B. die CO₂-Rückgewinnung ist in ein derartiges System einzubinden. Mit einer Lastabwurfautomatik könnten die Lastspitzen etwas gesenkt werden. Die größeren Verbraucher (z.B. Flaschenwaschmaschine, Füller) weisen einen hohen Grundenergiebedarf auf, welcher nur eine geringe Abhängigkeit von der Durchsatzleistung aufweist. Bei diesen Aggregaten sollte immer der Volllastbetrieb angestrebt werden, um den spezifischen Energieverbrauch zu minimieren. Dabei werden z.B. der Flaschen- und Kistenwaschanlage Sortierungen vorgeschaltet, um Störungen zu minimieren. Im Bereich der Druckluft, als eine der energieaufwendigsten Anwendungen, sind durch regelmäßiges Service an der Druckluftstation, am Verteilnetz sowie an den Endgeräten Leckageverluste zu minimieren. Für eine Energieeffizienzsteigerung von Kälteanlagen finden sich in der Literatur zahlreiche Maßnahmen, wie beispielsweise stärkere Dämmung, Wärmerückgewinnung oder der Einsatz von hocheffizienten Kältekompressoren. Die wesentliche Auslegungsgröße für eine neue Kälte- oder Kälteanlage bilden die maximalen Kühllastbedingungen, die Ermittlung erfolgt z.B. nach den in der VDI 2078 festgelegten Kühllastregeln, im realen Anlagenbetrieb wird diese Maximalleistung häufig nur zu ca. 10 – 20% benötigt, 80% der Betriebszeit wird im Teillastbetrieb mit geringerer Effizienz gekühlt.⁸ Diese Schwankungsbreite im realen Betrieb gibt einen Anhaltspunkt für die Quantifizierung von Energieeinspareffekten in diesem Gebiet. Die Brauerei Freistadt hat sich zum Ziel gesetzt eine neue effizientere Kälteanlage anzuschaffen.

Die neue Kälteanlage soll mit dem umweltfreundlicheren Kältemittel NH₃ (Ammoniak) arbeiten und wurde auf eine Kühlleistung von 250 kW dimensioniert. Eine größere Leistungsdimensionierung der Kälteanlage bewirkt bei gleichbleibendem Kühlaufwand eine schnellere Kühlung. Die Abwärme einer Kälteanlage eignet sich zur Vorwärmung von Brauchwasser über einen zusätzlichen Wärmetauscher je nach Kondensationstemperatur des Kältemittels. In dieser Situation kann pro kW elektrische Kompressorantriebsleistung mit einer Abwärmeleistung von 3 bis 3,5 kW_{th} am Verflüssiger gerechnet werden. Bei der Würzekühlung wird der Großteil der Wärmemenge direkt über den Würzekühler auf das Brauwasser übertragen. Zur Kühlung der Würze von 97 °C auf 7 °C ist es erforderlich, das Brauwasser von ca. 12°C auf 4°C abzukühlen, wobei diese Abkühlung über die Kühlanlage erfolgt. Bei einer Kühlleistung von 163,52 kW_{th} wären mit einer NH₃ – Anlage eine elektrische Leistung von ca. 50 kW_{el} erforderlich und das größtmögliche Potenzial einer Wärmerückgewinnung würde bei 180 kW_{th} liegen. D.h. bei durchschnittlich 3 Suden pro Tag und einer Kühldauer von ca. 1 Stunde

⁸ VDI 2078 (2003) ‚Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude‘, Technical report, Verein Deutscher Ingenieure.

würde das ca. $540 \text{ kWh}_{\text{th}} = 1.944.000 \text{ kJ}$ an thermischer Arbeit ausmachen. Im Jahr sind das, gerechnet mit einer Arbeitstanzahl von 250 Tagen insgesamt $135.000 \text{ kWh}_{\text{th}}$.

Ein weiterer wichtiger Schritt zu mehr Energieeffizienz im Brauereibetrieb könnte aber auch die Nutzung der Abwasserwärme mittels einer Abwasserwärmepumpe darstellen. Wasser mit einer Temperatur von $< 30^\circ\text{C}$ ist für eine Nutzung in Form von Warmwasser, für Heizwasser bzw. warmem Brauwasser aufgrund des zu geringen Temperaturniveaus nicht geeignet. Eine Wärmepumpe, die Wärme von einem niedrigeren zu einem höheren Temperaturniveau tauscht, wäre eine mögliche Lösung dieses Problems bzw. Aufwertung von anfallenden Abwärmeströmen. Wie bereits ermittelt und dokumentiert, könnte mittels Kondensationsabwärme der Kälteanlage beispielsweise Heizungs- oder Brauwasser auf ca. 35°C vorerwärmt werden. Das Potenzial wäre bei Betriebslast der $250 \text{ kW}_{\text{th}}$ -Kälteanlage (el. Verbrauch 77 kW) mit 100%iger Kondensationswärmerückgewinnung mit einer Wärmearbeit von $284,07 \text{ kWh}$ pro Stunde verbunden. Mit dieser Wärmemenge kann eine Wassermenge von ca. $9 \text{ m}^3/\text{h}$ von 12°C auf 35°C erwärmt werden. 100% Rückgewinnung stellt das maximale Potenzial dar, für die weiteren Berechnungen wird von einer 70%igen Kondensationswärmerückgewinnung ausgegangen und somit mit einer erwärmbaren Wassermenge von $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$, für Fall des Volllastbetriebes der Kälteanlage, kalkuliert. Der wesentliche Vorteil liegt neben der großen rückgewinnbaren Wärmemenge darin, dass die weiteren Kälteverbraucher wie Gär- und Lagerkeller durchgehende Kälteabnehmer darstellen und somit potenzielle Rückgewinnungsabwärme in einem relativ hohen Maß kontinuierlich zur Verfügung steht.

2.1.2 Entwicklung von Umwelt- und Energiekennzahlen für Brauereien

Die Bildung von einigen Umweltkennzahlen erscheint für die Beurteilung der „ökologischen Performance“ des Brauereibetriebes als essentiell. Kennzahlen, z.B. auf den Ausstoß an Hektoliter Bier bezogener Wasserverbrauch ermöglichen einen Vergleich mit anderen Brauereien und liefern eine Abschätzung über den Ressourceneinsatz im Betrieb. Die Grundlage dafür ist eine detaillierte Input/Output-Analyse des Betriebes. Auf die gebildeten Umweltkennzahlen wird in den nachfolgenden Ausführungen nicht näher eingegangen, da für die energetische Optimierung des Brauereibetriebs vor allem die Energiekennzahlen von Bedeutung sind. Im Bereich des Energieeinsatzes finden sich in Branchenenergiekonzepten Vergleichswerte. Die Wirtschaftskammer Oberösterreich untersuchte 14 Brauereien als repräsentative Pilotbetriebe im Detail und ermittelte Branchenenergiekennzahlen. Wird der Strombedarf sowie Heizölverbrauch des Jahres 2007 mit der Getränkeproduktion verglichen ergibt sich für die Brauerei Freistadt ein spezifischer Strombedarf von $14 \text{ kWh}/\text{hl}$ und ein Wärmebedarf für die Produktion von $41 \text{ kWh}/\text{hl}$. Diese Kennzahlen liegen im Bereich der Vergleichswerte, wobei anzumerken ist, dass bei der Ermittlung die Limonadenproduktion gleichwertig berücksichtigt wurde. Zur Verbesserung der Aussagekraft, wäre eine Unterscheidung in Bier- und Limonadenproduktion anzustreben.

Die Literaturwerte zum Stand der Technik als Benchmark sowie die geplante Anlagenkonfiguration des neuen Sudhauses mit Wärmerückgewinnung aus der Würzekochung sowie die Wiederverwendung des Heißwassers aus der Würzekühlung lassen den Schluss zu, dass der zukünftige Brauereibetrieb dem Stand der Technik entspricht.

2.2 Datenbank der möglichen Technologien im Netzwerk

Für das Projekt FB-Vision 2020 wurden in Zusammenarbeit mit den AkteurInnen, insbesondere mit dem Braumeister der Brauerei Freistadt, aus den zur Verfügung gestellten oder erhobenen Daten die Eingangsparameter für die PNS berechnet und festgelegt.

Für das Projekt FB-Vision 2020 wurden zwei verschiedene Szenarienentwicklungen gewählt. Zum einen die Darstellung eines kontinuierlichen Brauprozesses, wie er derzeit aber in der Brauerei Freistadt nicht durchgeführt wird oder geplant ist, und zum anderen die Abbildung des Brauprozesses wie er nach dem Neubau des Sudhauses erfolgen wird. Durch diese zwei unterschiedlichen Darstellungen wird eine Abbildung von Energieeffizienzmaßnahmen möglich, da ein kontinuierlicher Prozess eine weitaus bessere Lastenverteilung hat und dementsprechend mit Technologien niedrigerer Kapazitäten auskommt. Unter der Annahme eines kontinuierlich ablaufenden Prozesses werden Verbrauchskurven insofern ausgeglichen, als dass es kaum Spitzenlasten im Verlauf gibt. Dadurch kann ein kleiner ausgelegter Kessel die gleiche Energiemenge, die in Summe beispielsweise während eines Monats benötigt wird, bereit stellen. Dies wirkt sich im Anbetracht der Investitionskosten positiv aus.

Neben den bereits erwähnten mangelnden Datengrundlagen, die seitens der Brauerei Freistadt zur Verfügung gestellt werden konnten, war es jedoch notwendig teilweise auf Literaturwerte zurückzugreifen. Daraus ergaben sich folgende Berechnungsgrundlagen:

Tabelle 4: theoretischer Wärmebedarf und Berechnung der Spitzenlast für die Brauerei für die Prozessführung mit dem neu geplanten Sudhaus

Referenzwerte für die Berechnung aus der Veröffentlichung: letzter Zugriff KW46/09 http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fach_2003_01/Brauerei99v6.pdf	Maximalwerte aus der Literatur VB = Verkaufsbier AW = Ausschlagswürze		Brauerei Freistadt max. 600 hl/Tag VB
	Wert	Einheit	
Prozess			kWh/Tag
Aufheizen Gesamtmaische	1,35	kWh/hl VB	810
Dektoktion: Aufheizen Kochmaische	1,2	kWh/hl VB	720
Dektoktion: Eindampfung der Kochmaische	0,75	kWh/hl VB	450
Würzeaufheizung	4,2	kWh/hl VB	2.520
Würzekochung	7,2	kWh/hl VB	4.320
Pfannendunstkondensator, Wärmerückgewinnung	-6,1	kWh/hl AW	-3.904
Einstufige Würzekühlung (Platte), Wärmerückgewinnung	-9,8	kWh/hl AW	-6.272
Warmwasserbereitung	8,5	kWh/hl AW	5.440
Flaschenreinigungsmaschine, Wärmerückgewinnung	9,86	kWh/hl VB	5.916

KEG Abfüllung	2,22	kWh/hl VB	1.332
Gesamt	22,3	kWh/hl VB	11.332
mit 20% Sicherheitsaufschlag			13.598
Spitzenlast: erforderliche Gesamtwärmelast für einen 12 h Produktionstag			1.133 kW
Mittlerer täglicher Heizbedarf bei einem Jahresverbrauch von 400 MWh			50 kW
Gesamter Leistungsbedarf pro Tag			1.183 kW

Quelle: www.lanuv.nrw.de und eigene Berechnung

Aus Tabelle 4 ergibt sich somit eine Spitzenlast von maximal 13.598 kWh an einem typischen Produktionstag, wie er beispielsweise im Juli vorkommen kann. Dies bedeutet jedoch, dass das gesamte Technologienetzwerk in der Lage sein muss, diese Spitzenlasten zu decken. Wenn man nun auch die durchschnittliche Heizleistung hinzurechnet ergibt sich eine minimale Gesamtleistung der Wärmebereitstellung von 1.183 kW.

Da die Produktionsdaten der Brauerei ebenfalls nur monatlich verfügbar waren, musste in einem separaten Schritt eine Berechnung der täglichen Bedarfe durchgeführt werden. Es handelt sich bei den dargestellten Daten also nicht um präzise Messwerte sondern um berechnete Wärme- und Kältebedarfe, um der erfordernten Genauigkeit der PNS-Eingabe gerecht werden zu können und vor allem auch um die diversen Energieflüsse zuordnenbar zu machen. Folgende Technologien, die in Freistadt zur Anwendung kommen könnten oder gewünscht werden, fanden in der PNS Eingang:

Tabelle 5: Technologien für die PNS-Eingabe

Technologie	Input	Output			
	Brennstoff bzw. Ressource	Strom	Wärme	Kälte	Gas
Absorptionskältemaschine	Prozesswärme	☐	☐	☒	☐
elektrische Kühlung	Strom	☐	☐	☒	☐
Holzverbrennung	Biomasse	☐	☒	☐	☐
Mikrogasturbine	Biogas, Erdgas	☒	☒	☐	☐
Ölofen (für Business as Usual = BAU)	Heizöl	☐	☒	☐	☐
Gasbrenner (zur Spitzenlastabdeckung)	Erdgas	☐	☒	☐	☐
ORC (Organic Rankine Cycle)	Biomasse	☒	☒	☐	☐
Holzvergasung (Bio-SNG)	Biomasse	☒	☒	☐	☒
Photovoltaik	Sonne	☒	☐	☐	☐

Solarthermie	Sonne	☐	☒	☐	☐
elektrische Wärmepumpe	Abwasser	☐	☒	☐	☐

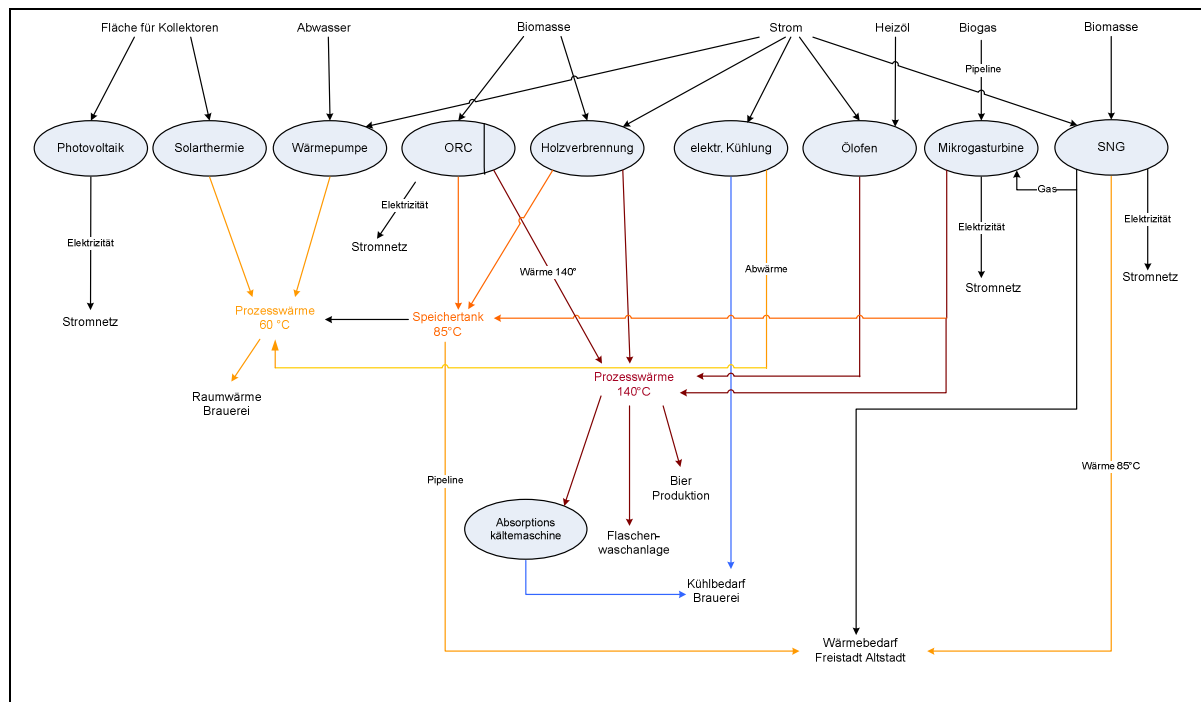
Quelle: eigene Darstellung

2.3 Vorlage von mindestens vier Zukunftsszenarien für das Energiesystem Brauerei-Stadt

In der Maximalstruktur der PNS befinden sich alle Technologien, die für die Szenarien in Frage kommen. Sie enthält sowohl erneuerbare Energietechnologien als auch konventionelle Systeme wie beispielsweise den bis heute in der Brauerei Freistadt verwendeten ölbetriebenen Hochdruckheißwasserkessel. Dadurch bleiben alle Möglichkeiten der Szenarienbildung für die Prozesssynthese offen und es zeigt sich in der optimalen Lösung, welches Technologienetzwerk zur ökonomisch sinnvollsten Lösung führt.

Wie diese Technologien die entsprechenden Verbrauchstellen versorgen könnten, ist in der folgenden, sogenannten Super- oder Maximalstruktur der PNS, abgebildet, die sowohl eine Versorgung der Brauerei als auch den Wärmebedarf der Altstadt von Freistadt berücksichtigt:

Abbildung 2: Maximalstruktur Braucommune Freistadt inklusive Wärmeversorgung der Altstadt



Quelle: eigene Darstellung

Mit Hilfe dieser Struktur und den festgelegten Eingangsparametern wurde eine ökonomische Bewertung durchgeführt und daraus die optimale Struktur für ein zukünftiges Energienetzwerk bestimmt. Die Szenarienerstellung erfolgte in zweierlei Art. Es wurde eine brauerei-interne Lösung ohne Wärmeversorgung der Altstadt betrachtet, um die ökonomischen Vorteile der zweiten Lösung, nämlich die Integration der Altstadt in ein Energienetzwerk mit der Brauerei Freistadt, besser darstellen zu können und eine Vergleichsmöglichkeit zu schaffen. Es wurde des Weiteren auch ein Business as Usual (BAU) Szenario der Brauerei erstellt, wodurch es möglich war, das Verbesserungspotenzial hinsichtlich einer Verringerung des ökologischen Druckes und das Einsparungspotenzial an CO₂-Emissionen, abzubilden.

Folgend werden 2 typische Modellkonzeptionen (Szenarien) hinsichtlich Grundtechnologie und der möglichen Koppelnutzungsansätze und deren Unterszenarien beschrieben. Diese Szenarien bilden die Grundlage für die weiteren Arbeiten in der Modellierung und Identifizierung eines optimalen Technologienetzwerkes. Die Szenarien wurden gemeinsam mit den AkteurlInnen festgelegt und bilden folgende thematische Ausrichtungen ab:

(1) Energieversorgung der Brauerei

- a) Verwendung regionaler Ressourcen inkl. Einbindung der bereits in der Region vorhandenen Biogasanlage
- b) Verwendung regionaler Ressourcen ohne Verwendung von Biogas
- c) Darstellung des Business as Usual (BAU)

(2) Energieversorgung von Brauerei und Altstadt

- a) Verwendung regionaler Ressourcen inklusive Einbindung der in der Region bereits vorhandenen Biogasanlage und Wärmeversorgung der gesamten Altstadt durch die Brauerei
- b) Verwendung regionaler Ressourcen ohne Verwendung von Biogas und Wärmeversorgung der gesamten Altstadt durch die Brauerei
- c) Erweiterung des Fernwärmenetzes durch einen Aufschlag des Wärmebedarfs der Altstadt um 10%
- d) Darstellung des Business as Usual (BAU)

Ad (1) Energieversorgung der Brauerei

Die Szenarien für die Energieversorgung der Brauerei wurden unter den bereits beschriebenen Annahmen eines kontinuierlichen Brauprozesses und des neu geplanten Brauprozesses nach dem Umbau des Sudhauses modelliert.

Bei einem kontinuierlichen Prozess kann die Prozesssynthese in zwei Perioden, die sich aus dem Heizbedarf ergeben, angelegt werden. Die Unterteilung erfolgte in eine Sommer- (4700 Stunden) und in eine Winterperiode (3.300 Stunden) bei jährlich 8.000 Arbeitsstunden. Durch eine kontinuierliche Auslastung und den daraus resultierenden optimalen Volllaststunden der eingesetzten Technologien reduziert sich die erforderliche Leistung derselbigen. Dies zeichnet sich deutlich in den geringeren jährlichen Kosten ab, die für die Brauerei entstehen, wenn man sie mit einem diskontinuierlichen Betrieb der gesamten Anlage vergleicht. Es handelt sich hierbei jedoch um eine Idealisierung des Prozesses, der in dieser Art in der Brauerei Freistadt nicht zur Anwendung kommen wird, hier jedoch dennoch aufgezeigt werden soll.

Betrachtet man das neu geplante Sudhaus, so wird sich in Zukunft nach Informationen der Brauerei und hier insbesondere laut Braumeister Richard Grasmück folgende Prozessführung ergeben:

- 80 hl Würze/Sud und bis zu 8 Sude/Tag,
- das bedeutet bei einer Volllastung 640 hl Würze oder 600 hl/Tag Verkaufsbier bei 4-5 % Mengenverlust während der Produktion,
- Betrieb des Sudhauses an drei Tagen pro Woche.

Nach Angaben der Brauerei wird es also mit dem Sudhausneubau auch zu Änderungen im Produktionsablauf kommen. Die Sude werden demnach idealisiert an drei Tagen gebraut. In der PNS wurden hierfür die Tage von Montag bis Mittwoch einer typischen Brauwoche angenommen. Die Flaschenwaschanlage wird in der Modellierung an fünf Tagen der Woche betrieben. In den Heizperioden besteht ein Raumwärmebedarf an jedem Tag, da in dem 250 Jahre alten Gebäude ein Ausschalten der Radiatoren über das Wochenende aufgrund einer daraus resultierenden starken Abkühlung und einhergehendem erhöhten Heizbedarf zur erneuten Erwärmung der Räume zu Wochenbeginn nicht sinnvoll ist. Aus diesem Grund ergibt sich in der PNS eine Betrachtung der Wärme- und Kältebedarfe für die Brauerei in 3 Phasen pro Woche. Von Montag bis Mittwoch sind als Wärmeabnehmer der Brauereiprozess, die

Flaschenwaschanlage und die Raumwärme gegeben. Am Donnerstag und Freitag entfällt die Wärmeabnahme auf Flaschenwaschanlage und Raumwärme, am Wochenende ist es einzig die Raumwärme, die zur Verfügung gestellt werden muss. Der Kältebedarf verteilt sich kontinuierlich über die Woche.

Da die Brauerei während eines Jahres ihre Produktion zeitversetzt zu der monatlichen Bierabnahme führen muss, ergaben sich aus der Betrachtung der Produktionsdaten aus dem Jahr 2007 produktionsintensive Monate, in denen es zu täglichen Spitzenlasten kommt. Während dieser Zeit ergeben sich Produktionsmengen, die eine Leistung bis zu etwa 1.200 kW innerhalb eines Tages erfordern. Aus diesem Grund wurden für die Modellierung des diskontinuierlichen Prozesses zum einen Technologien eingesetzt, die eine Grundlast im Bereich von 1.000 kW decken können und weitere Produktionseinheiten implementiert, die für die Spitzenlastabdeckung zur Verfügung stehen. Die Kessel zur Spitzenabdeckung können sowohl fossil oder mit erneuerbaren Ressourcen betrieben werden, um das optimale Szenario hinsichtlich der Wertschöpfung zu finden. Zur Spitzenlastabdeckung kommen Ölkessel, Gaskessel, Mikrogasturbine betrieben mit Biogas und ein zusätzlicher Hackgutkessel in Frage.

Die Mikrogasturbine wird in den Szenarien mit Biogas betrieben. Das Biogas wird in einer Anlage, die etwa 1,2 km vom Brauereistandort entfernt ist, erzeugt. Bei einer Verwendung von Biogas in der Brauerei Freistadt kann von der Biogasanlage das Biogas direkt zur Brauerei geleitet werden, wobei hierfür erst eine Gasleitung verlegt werden müsste, was in der Kostenstruktur in der PNS-Eingabe berücksichtigt wurde. Es handelt sich hierbei um die Verlegung einer Gasleitung entlang vorhandener Infrastruktur auf einer Strecke von rund 1.230 Meter. Sobald mit der Mikrogasturbine Wärme bereitgestellt wird, kann anteilmäßig auch eine Stromerzeugung erfolgen. Dieser erzeugte Strom kann entweder intern verwendet oder mit entsprechender Vergütung laut gültigem Einspeisetarif in das Netz eingespeist werden. In den Szenarien wird stets von einer Einspeisung ausgegangen. Für die Vergütung des Stroms aus Biogas wurde mit den Einspeisetarifen⁹ aus dem Jahr 2009 gerechnet. Je nach Anlagengröße beträgt bei einer 65 kW Mikrogasturbine der Tarif 16,93 ct/kWh und für gekoppelte Anlagen bis zu 3 Modulen 15,13 ct/kWh. Die erzeugte Wärme der Mikrogasturbine kann für den Brauereiprozess verwendet werden. Die Aufbereitung und Verdichtung des Gases erfolgt direkt in einem mit der Mikrogasturbine gekoppelten System. Die Biogasanlage kann jedoch nur jene Menge an Biogas an die Brauerei liefern, die der momentan ungenützten Fermenterkapazität von ca. 30% oder einer jährlichen Biogasmenge von ca. 330.000 m³ entspricht. Eine grobe Skizzierung der NAWARO-Anlage, sowie die Darstellung der erforderlichen Leitungslänge von ca. 1.230 m befinden sich in Kapitel 6.4.

Ad (2) Energieversorgung von Brauerei und Altstadt

In diesen Szenarien findet der diskontinuierliche Brauereiprozess Eingang in die PNS. Zusätzlich kommen jedoch die Wärmebedarfe der Häuser in der Altstadt von Freistadt hinzu. Daraus ergibt sich eine wesentlich höhere Bedarfssituation, die die Verwendung anderer

⁹ Quelle: Energie-Control GmbH, „Einspeisetarife für Ökostromanlagen“, Stand Februar 2009

Technologien erforderlich bzw. sinnvoll machen kann. In einem Szenario soll das Potenzial des Technologienetzwerks modelliert und die Wertschöpfung bei 10%iger Erhöhung des Wärmebedarfs der Stadt, sprich einer damit einhergehenden Ausweitung der Fernwärmeversorgung, aufgezeigt werden.

Die Eingangsparameter für die PNS, sowohl rohstoff- als auch technologieeitig, können im Anhang in Kapitel 6.5 nachgeschlagen werden. Für die Szenarienbildung wurden keine Förderungen für diverse nachhaltige Technologien mit eingerechnet.

Im nun folgenden Berichtsteil werden die Ergebnisse aus der Modellierung der Szenarien präsentiert. Die Identifikation der optimalen Lösung erfolgt anhand eines rein monetären Parameters: der maximalen Wertschöpfung des gesamten Systems. Die für die jeweilige Szenarienrechnung als optimale Lösung hervorgegangene Struktur wird anhand eines Strukturgraphen, der die Kombination der einzelnen Technologien und Verwertungspfade schematisch darstellt, aufgezeigt. Die optimalen Strukturen wurden für spezifische Perioden entwickelt, da sowohl das Rohstoffangebot als auch die entsprechende Abnahmesituation (Lastspiel) jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. In den jeweils dargestellten Strukturgraphen werden die tatsächlich eingesetzten Technologien und erzeugten Produkte mit den jeweiligen Stoff- und Energieströmen der optimalen Struktur abgebildet.

2.3.1 Szenario 1: Technologienetzwerk Brauerei - Business as Usual (BAU)

Ausgangssituation:

Zurzeit stellt die Brauerei Freistadt die benötigte Prozesswärme mit einem ölbetriebenen Heißwasserkessel der Firma Loos her. Dieser Kessel wird mit Heizöl schwer (HOS) betrieben. Im Jahr 2007 benötigte die Brauerei Freistadt 305.590 Liter HOS, dies entspricht bei einer Annahme des Heizwerts mit 39,1 MJ/l bzw. 10,833 kWh/l einer Wärmemenge von etwa 3.310 MWh/a. Die Raumwärme wird mit Erdgas bereitgestellt. Bezüglich der Raumwärme gibt es 4 Bereiche, die momentan beheizt werden: die Büros im Brauhaus und der Brauhausgalerie, das Juchee und die Bürgerkorpskapelle. Im Jahr 2007 wurden die Räumlichkeiten der Brauerei mit insgesamt 13.600 m³ Gas beheizt. Dies entspricht bei einem Heizwert des Erdgases von 36 MJ/m³ bzw. 10 kWh/m³ einem jährlichen Gesamtwärmebedarf von 136 MWh. Die Kühlung im Brauereiprozess erfolgt mit elektrisch betriebenen Kältemaschinen. Nachdem der Ölkessel aus den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts stammt und nach Abriss des alten Sudhauses neu angeschafft werden muss und auch eine neue Kältemaschine zum Einsatz kommen soll, gehen diese beiden Anlagenteile mit den entsprechenden Investitionskosten in die PNS ein. Die höheren Wärmebedarfe aufgrund der für das Jahr 2013 in den Räumlichkeiten geplanten Landesausstellung und dem Sudhausneubau wurden in der Eingabe in der PNS mit einem Wert von 400 MWh pro Jahr berücksichtigt.

Szenario 1a: Optimalstruktur für den kontinuierlichen Prozess:

Abbildung 3: Szenario 1a: Technologienetzwerk des BAU bei kontinuierlicher Prozessführung

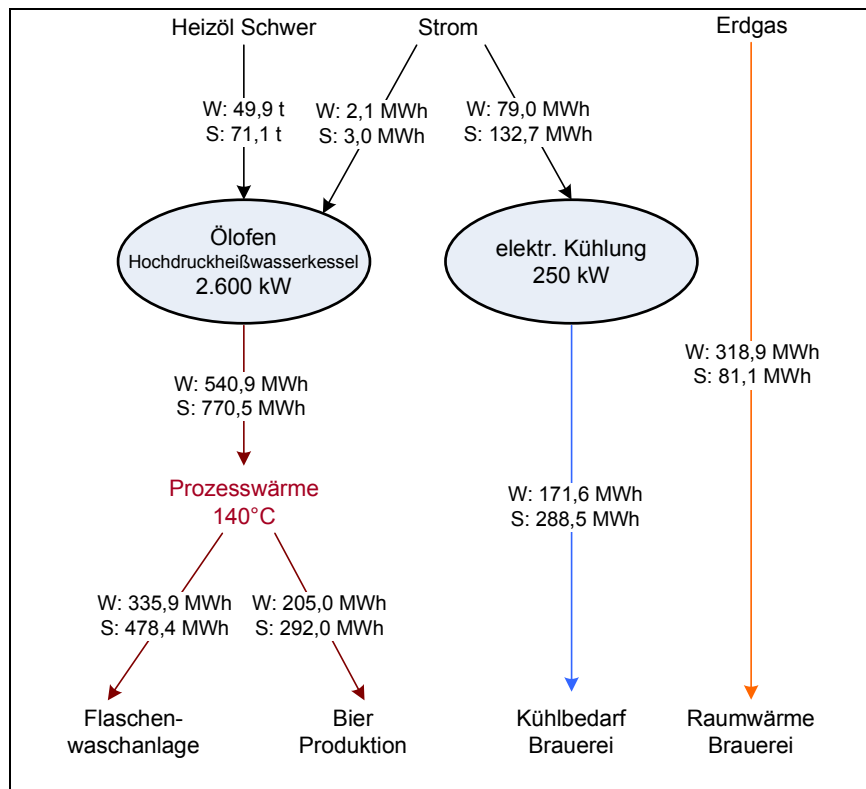


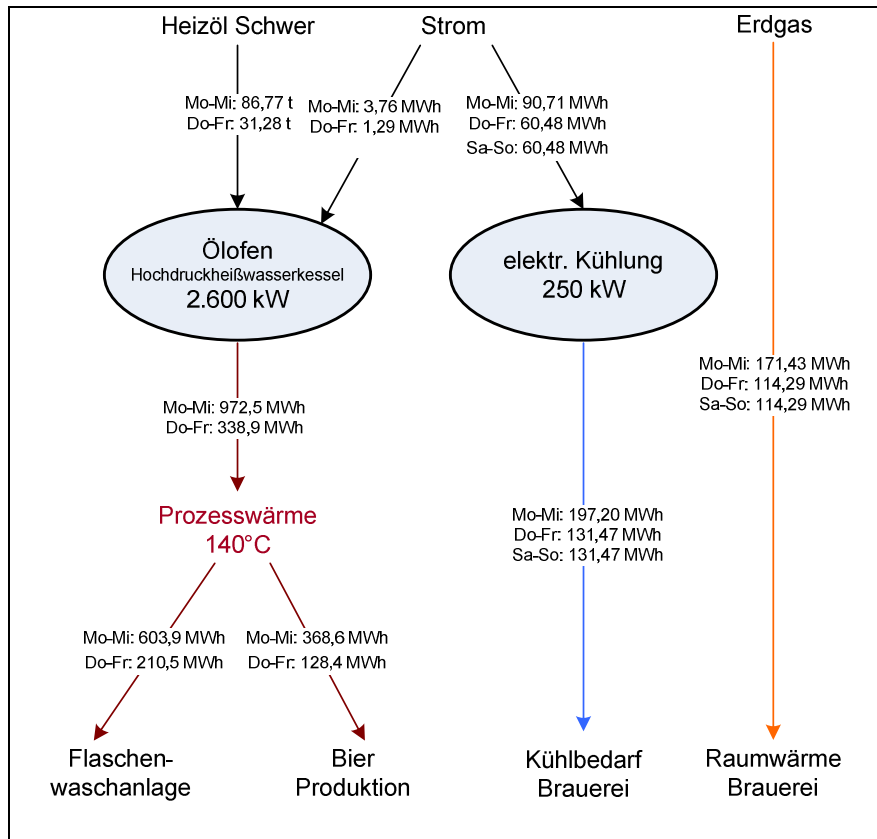
Abbildung 3 zeigt die Struktur bei einer Prozessführung, wie sie aktuell in der Brauerei Freistadt erfolgt. Da es sich um die Darstellung der jährlichen Kosten handelt, um Vergleiche mit neu ermittelten Technologienetzwerken zu ermöglichen, wird in diesem Fall auf den ökologischen Druck der Struktur keine Rücksicht genommen. Es handelt sich einzig um die Abbildung des Business as Usual der Brauerei für die Sommerperiode (S) und Winterperiode (W). Dieses Technologienetzwerk verursacht bei zehnjähriger Abschreibung innerhalb der Abschreibungsdauer jährliche Kosten von rund 137.890 € pro Jahr. Nach dieser Zeit senken sich die Kosten um ca. 30% und liegen dann bei 96.690 €/Jahr.

Szenario 1b: Optimalstruktur für den diskontinuierlichen Prozess:

Im BAU Szenario wirkt sich die diskontinuierliche Prozessführung nicht aus, da der 2.600 kW Kessel derart dimensioniert ist, dass er jegliche Spitzenlasten abfangen kann und es keines zusätzlichen Spitzenlastkessels bedarf. In Summe muss die gleiche Wärme produziert werden, da der Kessel jedoch nur mit einer Leistung von 2.600 kW Eingang in die PNS findet, richten sich die Kosten ausschließlich nach dem Verbrauch an Erdgas und Strom sowie dem Heizöl für den Betrieb des Hochdruckheißwasserkessels sowie dessen Investitionskosten von rund 85.000 €¹⁰. In dieser Struktur ergeben sich daher die gleichen jährlichen Kosten wie in Szenario 1a.

¹⁰ Investitionskosten aus Angaben der Firma Loos nach Anfrage per e-mail, der Kessel ist abgestimmt auf die entsprechenden Anforderung der Brauerei.

Abbildung 4: Szenario 1b: Technologienetzwerk des BAU bei diskontinuierlichem Betrieb



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

2.3.2 Szenario 2: Technologienetzwerk Brauerei Freistadt – Verwendung regionaler Ressourcen inklusive Einbindung der Biogasanlage – OPTIMALE STRUKTUR

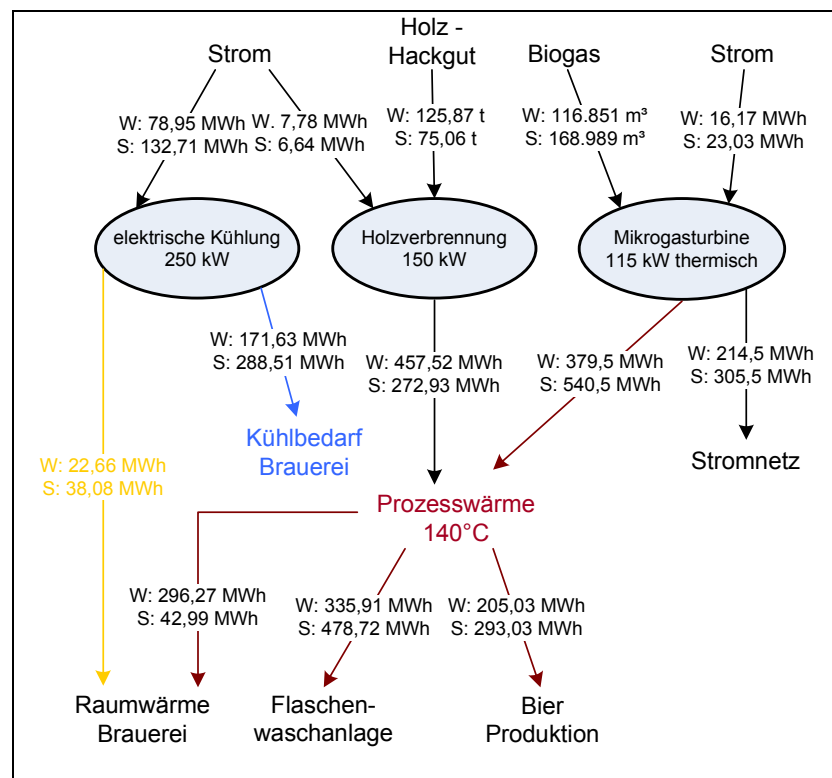
Aus der maximalen Struktur der PNS, die in

Abbildung 2 skizziert ist (jedoch in diesem Fall ohne Wärmeversorgung der Altstadt) kann mit Hilfe der PNS die optimale wirtschaftliche Lösung eines Technologienetzwerks für die Anforderungen der Brauerei an ein derartiges System ermittelt werden. Um zu diesem Ergebnis zu gelangen, fanden alle Technologien, die in Tabelle 5 beschrieben sind, Eingang in die PNS.

Szenario 2a: Optimalstruktur für den kontinuierlichen Prozess:

Aus der Maximalstruktur der PNS ergibt sich ein optimales Technologienetzwerk, bei dem der Energiebedarf der Brauerei durch Biomasseverbrennung sowie mit einer biogasbetriebenen Mikrogasturbine zur Verfügung gestellt wird. Da bei Rücksprache mit den AkteurInnen ein klares Nein zu einer Implementierung einer Absorptionskältemaschine verlautet wurde, kommt für die PNS (auch in allen anderen Szenarien) nur eine elektrische Kompressionskältemaschine in Frage. Für diese wurde von der Brauerei bereits ein konkretes Angebot eingeholt, weshalb die Kosten dafür zwar in die PNS einfließen konnten, für diesen Bericht jedoch vertraulich zu behandeln sind. Die Kosten für die übrigen Technologien wie Mikrogasturbine oder Ölkessel basieren nicht auf Angeboten sondern auf Recherchen bei den jeweiligen Herstellern.

Abbildung 5: Szenario 2a: Optimales Technologienetzwerk bei kontinuierlichem Betrieb mit Biogaseinsatz



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Bei einem kontinuierlichen Prozess, wie er in Abbildung 5 dargestellt ist, wäre ein Hackgutkessel mit einer Leistung von 150 kW ausreichend, den Hauptteil der Wärme liefert jedoch

die Mikrogasturbine mit 115 kW thermisch. Die Eingangsdaten hierfür beziehen sich in allen Szenarien auf das Modell Capstone CR 65¹¹, welches für Biogas geeignet ist. Aufgrund der Einspeisevergütung für den erzeugten Strom aus Biogas kann die Brauerei einen Erlös machen. Dies bessert die Gesamtbilanz auf und führt zu einer deutlichen Reduktion der jährlichen Kosten auf einen Wert von rund 93.919 € innerhalb der Abschreibungszeit. Das optimale Technologienetzwerk führt daher zu einer Einsparung von fast 25% der Kosten und arbeitet im Bereich der Wärmeversorgung ausschließlich mit erneuerbaren Rohstoffen.

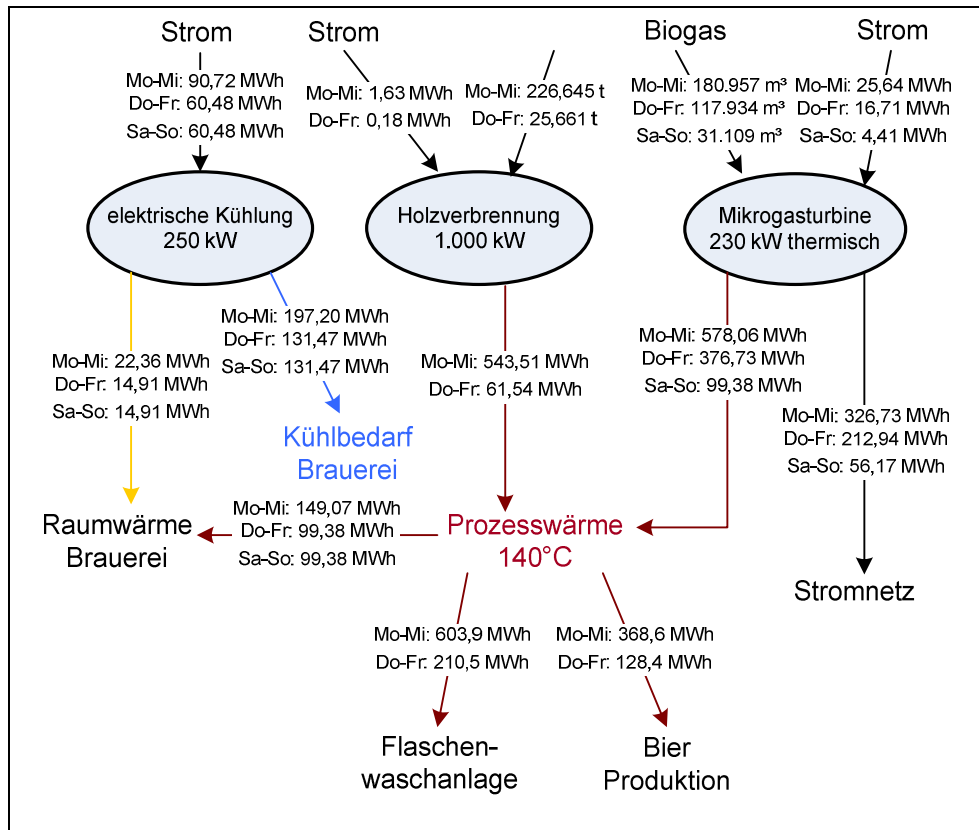
Szenario 2b: Optimalstruktur für den diskontinuierlichen Prozess:

Als optimale Struktur, generiert aus der maximal möglichen, ergibt sich folgendes Technologienetzwerk für die Wärme- und Kältebereitstellung sowie zur Abdeckung des Raumwärmebedarfs der Brauerei:

- Hackgutkessel, 1.000 kW Leistung, Investitionskosten 510.000 € (turnkey)
- Mikrogasturbine, biogasbetrieben, 2 Module mit je 65 kW elektrisch und 115 kW thermisch, zur Deckung von Grund- und Spitzenlast, Investitionskosten 210.000 €
- Biogasleitung von der Anlage zur Brauerei mit 1.230 m Leitungslänge, Abschreibung auf 30 Jahre, Investitionskosten 123.000 € bei 100 €/lfm
- Kältemaschine, 250 kW Leistung, Investitionskosten laut Anbot

Abbildung 6: Szenario 2b: Optimales Netzwerk bei diskontinuierlichem Betrieb mit Biogaseinsatz

¹¹ <http://www.capstoneturbine.com>; Website der Firma Capstone, Vertrieb von Biogas-betriebenen Mikrogasturbinen, letzter Zugriff KW 47/09



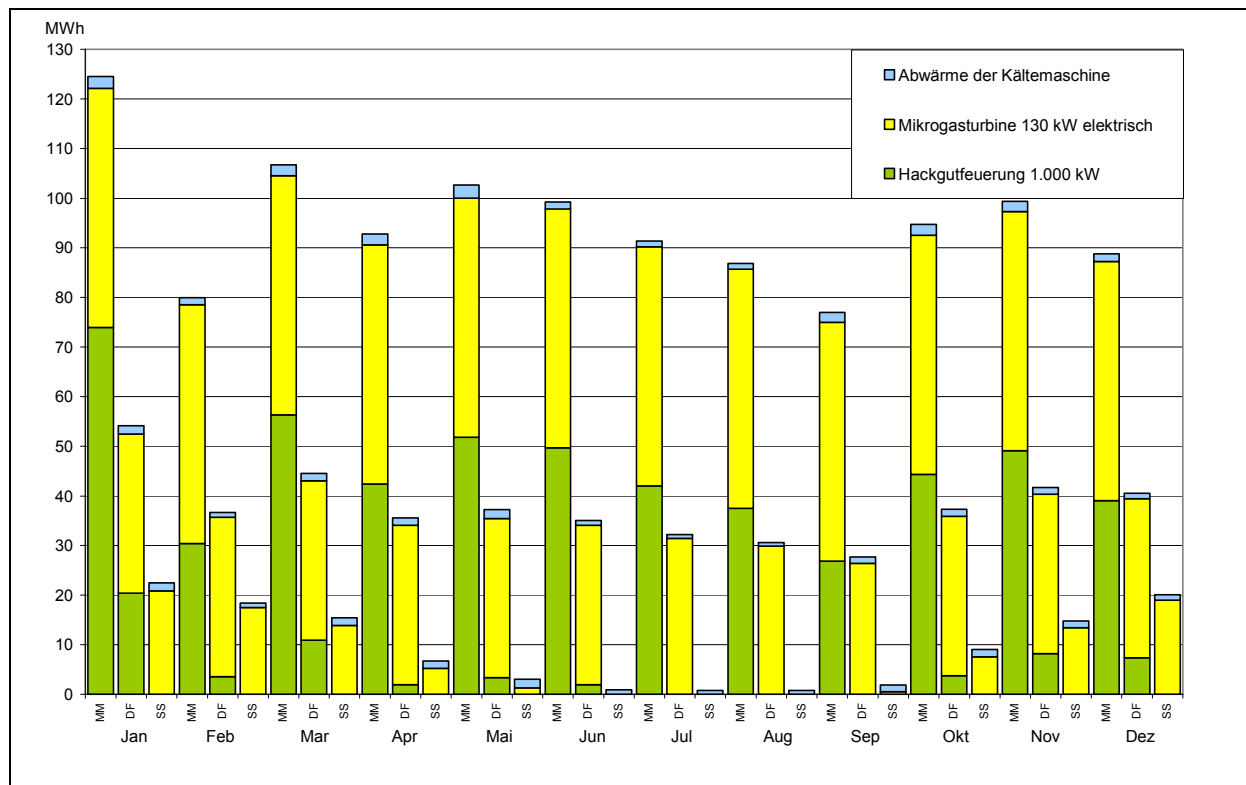
Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Das Biogas ist wie bereits erwähnt auf 330.000 m³ pro Jahr beschränkt, daher können die beiden Module der Mikrogasturbine ihre volle Leistung nicht ausschöpfen. Die in Tabelle 4 berechnete Anforderung an das Netzwerk bezüglich der minimal erforderlichen Wärmeleistung zur Gewährleistung des Braubetriebes zu Produktionsspitzen ist gewährleistet. Insgesamt kann das System eine Gesamtleistung von 1.000 kW plus zweimal 115 kW thermisch bereitstellen. Dies entspricht einer Summe von 1.230 kW.

Im diskontinuierlichen Betrieb, der als Strukturgraph in Abbildung 6 dargestellt ist, ergeben sich mit der oben abgebildeten Optimalstruktur in den ersten zehn Jahren jährliche Kosten von 141.715 €. Nach zehn Jahren verringern sich die jährlichen Kosten um ca. 75% und liegen bei rund 37.020 € pro Produktionsjahr.

In Abbildung 7 ist die Wärmebereitstellung der unterschiedlichen Technologien abgebildet. In diesem Szenario stellt die Mikrogasturbine für den Braubetrieb die Grundlast bereit. Die Hackgutfeuerung liefert den fehlenden Betrag an Wärme und kann die Spitzenlasten abdecken. Der Raumwärmebedarf wird zum einen von der Abwärme der Kältemaschine als auch der Prozesswärmeproduktion bereitgestellt. Am Wochenende besteht in den Sommermonaten eine geringe Heizlast der Räumlichkeiten in der Brauerei, diese kann mit der Abwärme der 250 kW Kältemaschine abgedeckt werden. Sobald der Raumwärmebedarf über die verfügbare Menge an Abwärme ansteigt, wird diese Wärme ebenfalls von der Mikrogasturbine abgedeckt. Dadurch kann eine kontinuierliche Biogasabnahme gewährleistet werden.

Abbildung 7: Szenario 2b: Wärmebereitstellung bei diskontinuierlichem Betrieb mit Biogaseinsatz, optimales Technologienetzwerk



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

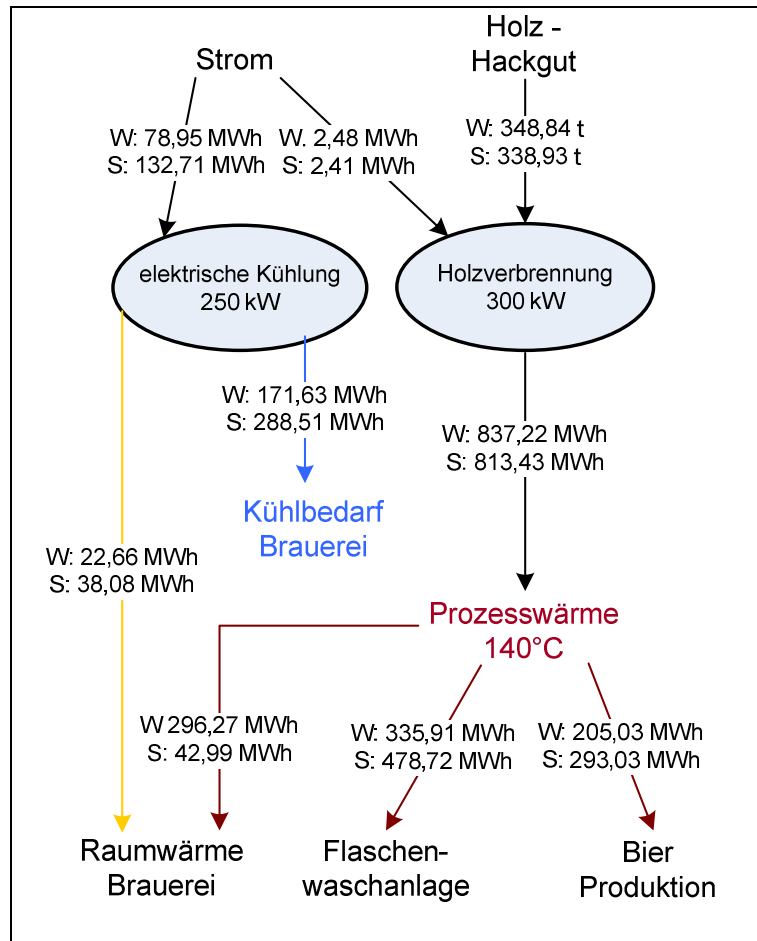
2.3.3 Szenario 3: Technologienetzwerk Brauerei Freistadt – Verwendung regionaler Ressourcen ohne Biogas

Da eine Kooperation mit der Biogasanlage derzeit noch ungewiss ist, wurde die Mikrogasturbine für dieses Szenario aus der Maximalstruktur gestrichen und mit Hilfe der PNS das optimale Technologienetzwerk ermittelt.

Szenario 3a: Optimalstruktur für den kontinuierlichen Prozess:

Wenn die Biogasversorgung nicht vorhanden ist, fällt die Verwendung einer Mikrogasturbine aus der Szenarienbildung heraus. Es ergibt sich ein Technologienetzwerk, in dem die Prozesswärme ausschließlich mit einer Hackgut-Verbrennung bereit gestellt wird. In diesem Fall muss dieser Kessel jedoch größer dimensioniert werden, als er in der bereits beschriebenen optimalen Struktur bei einem kontinuierlichen Prozess zum Einsatz kommen würde. Mit dem in Abbildung 8 veranschaulichten Strukturgraphen dieses Technologienetzwerks entstehen während der Abschreibungszeit jährliche Kosten von rund 123.060 €, was immer noch unter den Kosten eines BAU-Betriebes liegt.

Abbildung 8: Szenario 3a: Optimales Netzwerk bei kontinuierlichem Betrieb ohne Biogaseinsatz

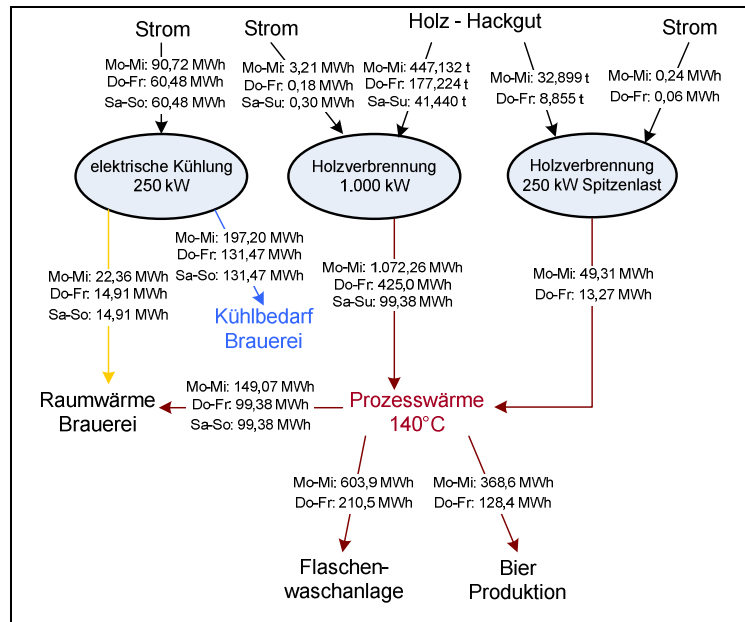


Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Szenario 3b: Optimalstruktur für den diskontinuierlichen Prozess:

Wenn die Verwendung von Biogas wegfällt, muss ein anderer Spitzenlastkessel zum Einsatz kommen, um die Wärmebereitstellung gewährleisten zu können. In diesem Fall kommt neben dem 1.000 kW Hackgutkessel ein weiterer Hackgutbrenner zum Einsatz. Dieser hat eine Kapazität von 250 kW und kann in Monaten mit Produktionsspitzen mitverwendet werden. Da die Infrastruktur (Lagerhalle, Förderschnecke, etc.) für die Hackgutverbrennung bereits in den Investitionskosten des 1.000 kW Kessels inkludiert sind, kann das zusätzliche Modul mit wesentlich geringeren Investitionskosten von 42.000 € in die Szenarienbildung eingehen. Aus dem Strukturgraphen in Abbildung 9 können die Mengen- und Energieströme der einzelnen Technologien für den diskontinuierlichen Betrieb entnommen werden. Bei diesem Szenario ergeben sich während der Abschreibungsdauer jährliche Kosten von etwa 153.550 €/Jahr. Nach der Abschreibungsdauer reduzieren sich die Kosten um ca. 57% und betragen dann rund 65.730 € pro Jahr.

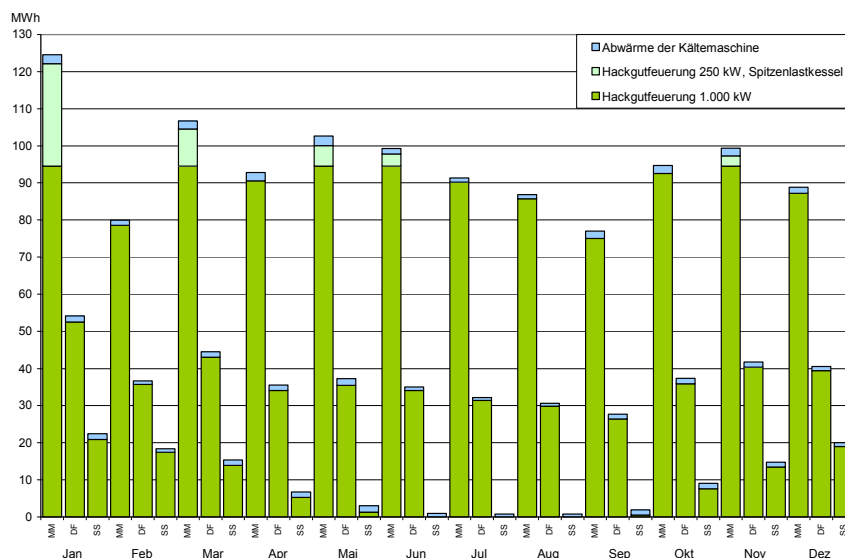
Abbildung 9: Szenario 3b: Optimales Netzwerk bei diskontinuierlichem Betrieb ohne Biogaseinsatz



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

In Abbildung 10 ist die Verteilung der Wärmebereitstellung der einzelnen Technologien dargestellt. Wenn kein Biogas vorhanden ist und die Mikrogasturbine nicht zum Einsatz kommt deckt der 1.000 kW Hackgutmessel die Grundlast ab. Weiters ist ein Spitzenlastkessel erforderlich, der im Jänner, März, Mai, Juni und November bei den Produktionsspitzen der Brauerei Freistadt den zusätzlichen Wärmebedarf aus Erdgas abdeckt. Die Raumwärme wird mittels eines Teils der Abwärme der Kältemaschine und mit der 140°C Prozesswärme gedeckt.

Abbildung 10: Szenario 3b: Wärmebereitstellung bei diskontinuierlichem Betrieb ohne Biogaseinsatz



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

2.3.4 Brauerei Freistadt - Solarthermie und Photovoltaik

Auf Wunsch der Brauerei Freistadt wurde ein Szenario durchgerechnet, bei dem Photovoltaik- sowie Solarthermiekollektoren an potenziell dafür geeigneten Dachflächen der Brauerei zum Einsatz kommen sollten. Hierfür wurden jeweils südseitig ausgerichtete Flächen in die PNS eingebaut.

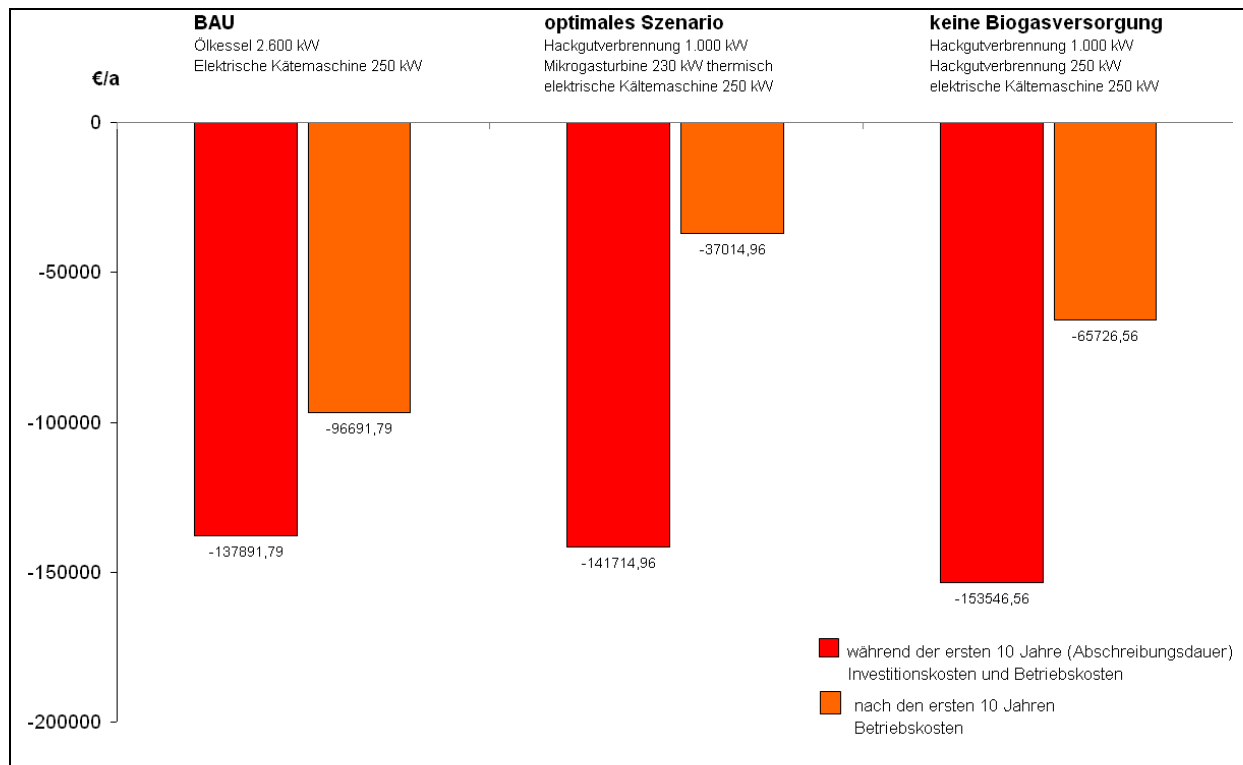
Für die Photovoltaikanlagen wurden 146 m² südseitige Dachflächen gewählt. Als mögliche Technologie wurde ein netzgekoppeltes Photovoltaiksystem bestehend aus polykristallinen PV-Modulen mit je 220 Wp und einer parallelen Modulbefestigung angenommen. Die Preise wurden der aktuellen Preisliste 2009 von www.sol-ution.com entnommen. Hier wird ein Modulpreis von 1.175 € angegeben. Jedes Modul deckt eine Dachfläche von 1,6 m² ab. Für die gesamte ausgewählte Fläche können 91 Module installiert werden, was Investitionskosten von rund 107.000 € entspricht. Inkludiert ist bereits der Wechselrichter, ein DC–Freischalter sowie Solarkabeln (100 lfm je Wechselrichter). Für die Montage und die Installation der Anlage wurde ein Aufschlag von 15% der Investitionskosten angenommen, was dann eine Gesamtinvestitionssumme von rund 123.000 € ausmacht. Dieses Photovoltaiksystem kann in Abhängigkeit der Globalstrahlung in Freistadt und unter Berücksichtigung des Neigungswinkels jährlich 22,8 MWh Strom liefern. In dem Szenario wird der Strom in das Netz eingespeist, wobei hier aufgrund der Einspeisevergütung ca. 300 €/MWh erwirtschaftet werden können.

Die solarthermische Anlage wurde ebenfalls mit Hilfe der von www.sol-ution.com angebotenen Gesamtsysteme in die Berechnung miteinbezogen. Das gewählte System beinhaltet bei Gesamtinvestitionskosten von 90.045 € (jedoch exklusive der Kosten für Rückkühler und Pumpen in den drei Kreisläufen der Kältemaschine) auf einer Dachfläche von 124,2 m² eine Adsorptionskälteanlage mit 30 kW für Raumkühlung, sowie einen Heizungspufferspeicher von 6.000 Liter. Dieses System liefert Kühlung, Heizung und Warmwasser und ist für den Einsatz im Gastgewerbe geeignet, was sich für die Brauerei Freistadt anbietet, da ein Braugasthof in Planung ist. Aufgrund des Flächenbedarfs eignet sich die südseitig 126 m² exponierte Dachfläche (siehe Karte 1, ID 28) des Hauptgebäudes für die Installation dieser Anlage. Mit diesen Eingangsparameter entstehen während der Abschreibungsdauer jährliche Kosten von rund 163.350 €. In den weiteren angestellten Berechnungen wird dieses Szenario jedoch nicht berücksichtigt, da aufgrund der geringen Wirtschaftlichkeit die PNS nicht darauf zurückgreift. Eine aufwendige Beschattungsanalyse wurde aus dem selben Grund nicht durchgeführt.

2.3.5 Zusammenfassung der Szenarien für die Braucommune Freistadt

In Abbildung 11 ist der Vergleich der jährlichen Gesamtkosten bei diskontinuierlicher Prozessführung der Brauerei während und nach der Abschreibungsdauer von 10 Jahren in einem Diagramm dargestellt. Da die Investitionskosten für Technologien, die erneuerbare Energieträger verwenden, deutlich höher liegen als jene, die mit fossilen Rohstoffen betrieben werden, steigt zu Beginn der Betrachtung das BAU Szenario hinsichtlich der jährlich berechneten Kosten am besten aus.

Abbildung 11: Vergleich der jährlichen Kosten während und nach einer Abschreibungszeit von 10 Jahren bei diskontinuierlicher Prozessführung



Nach zehnjähriger Abschreibungsdauer zeigt sich jedoch, dass sich für das mittels PNS ermittelte optimale Szenario, welches mit Hackgutfeuerung, biogasbetriebener Mikrogasturbine und elektrischer Kältemaschine arbeitet, eine Reduktion der jährlichen Kosten um fast 75% ergibt. Im Vergleich dazu sind nach dieser Zeit die Kosten des BAU mehr als 2,5 mal so hoch. Kommt das von der PNS ermittelte optimale Szenario zum Einsatz, können nach den ersten 10 Jahren im Vergleich zum BAU-Betrieb jährlich fast 60.000 € gespart werden.

2.3.6 Szenario 4: Technologienetzwerk Braucommune und Altstadt von Freistadt - Business as Usual (BAU)

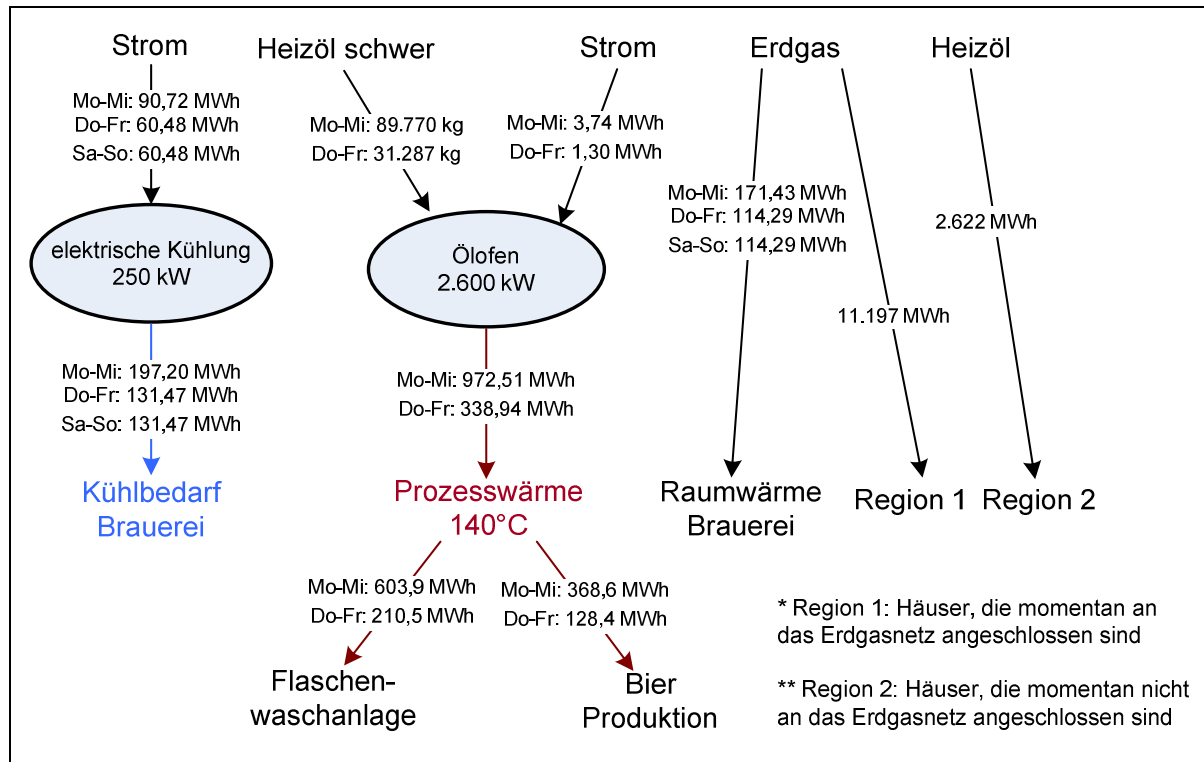
Wie bereits zu Beginn erwähnt, steht die Braucommune in Freistadt im Besitz der HauseigentümerInnen der Altstadt. Wenn man nun das gesamte Energiesystem und eine gemeinsame Versorgung der Wärmebedarfe betrachtet, sei es Raumwärme als auch Prozesswärme, so kann in einem BAU-Szenario die Annahme getroffen werden, dass jegliche Kosten, die mit einer Wärmeversorgung auftreten durch die EigentümerInnen der Braucommune getragen werden.

Im Moment wird die Raumwärme der Altstadt zum einen durch den Anschluss an die Ferngas OÖ mit Erdgas oder durch andere, individuelle Heizungssysteme bereit gestellt. In der PNS werden daher zwei unterschiedliche Versorgungsgebiete unterschieden. Das Gebiet mit bestehendem Gasanschluss als „Region 1“ (jährlicher Wärmebedarf von 11.197 MWh) und

jene Häuser, die nicht an das Gasnetz angeschlossen sind als „Region 2“ (jährlicher Wärmebedarf von 2.622 MWh)¹².

In Abbildung 12 ist das Technologienetzwerk im Falle einer BAU-Situation dargestellt. Die Kosten für die Energiebereitstellung belaufen sich hierbei auf rund 978.880 € pro Jahr.

Abbildung 12: BAU- Szenario für das System Brauerei und Altstadt Freistadt



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Für das BAU-Szenario wird daher eine Versorgung der Region 1 mit Erdgas angenommen, die Kosten für das Erdgas belaufen sich für Haushalte auf 6,3 ct/kWh¹³. Da es nicht möglich war im Rahmen dieses Projektes jede Einzelheizung zu erheben, wurde die wesentlich kleinere Region 2 als heizölversorgt angenommen. Der Preis für Heizöl extraleicht geht mit 5,4 ct/kWh¹⁴ in die PNS ein.

Die Prozesswärme der Brauerei wird, wie bereits unter Punkt 2.3.1 beschrieben, mit einem Ölkessel der Firma Loos erzeugt, die Raumwärme wird ebenfalls über Erdgas gedeckt. Hier unterscheidet sich zur Region 1 der Altstadt der Erdgaspreis, da die Brauerei in diesem Fall den Preis für Industrien bezahlt. Dieser wurde mit rund 4 ct/kWh (43 ct/m³)¹⁵ angenommen.

2.3.7 Szenario 5: Optimales Netzwerk Braucommune und Altstadt von Freistadt

Für die PNS kam zur Ermittlung des optimalen Technologienetzwerks die in

¹² siehe Anhang Kapitel 6.7, Plan 2: Wärmebelegung nach Versorgungsgebieten

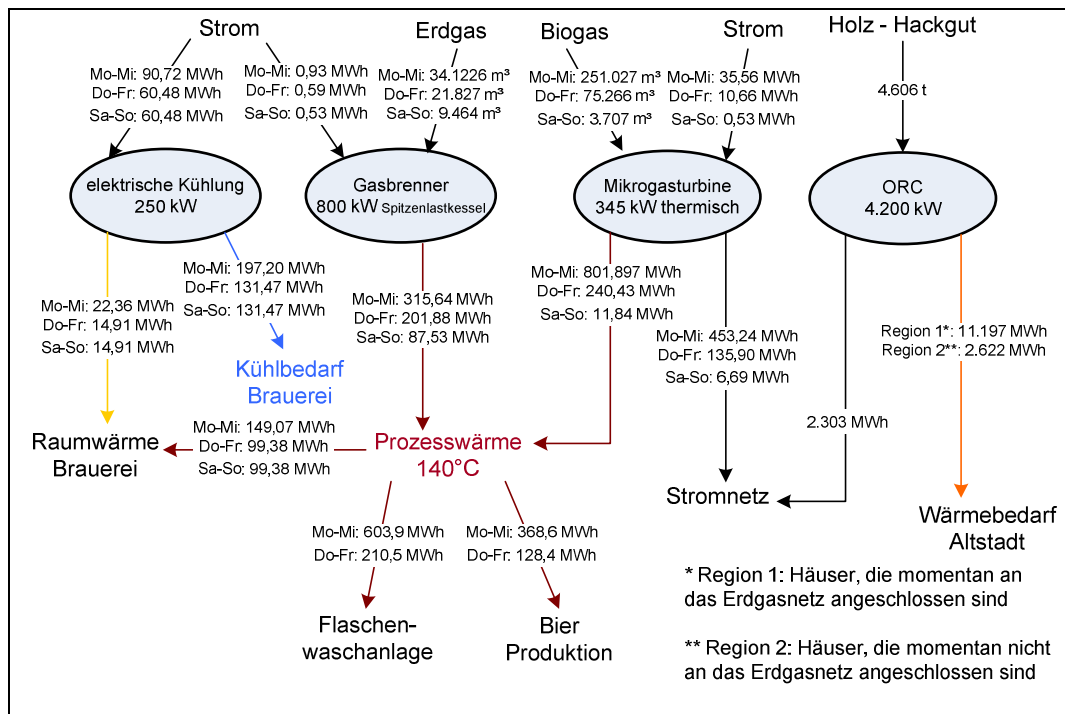
¹³ Erdgaspreis für Haushalte, 2nd Semester 2008; Quelle: EUROSTAT

¹⁴ Heizölpreis für Haushalte bei Abnahme von 3.000 Liter, aktualisiert KW 42 2009; Quelle: www.lagerhaus.at

¹⁵ Erdgaspreis für industrielle Abnehmer, 2nd Semester 2008; Quelle: EUROSTAT

Abbildung 2 dargestellte Maximalstruktur zum Einsatz. Für die jeweiligen Technologien gab es jedoch unterschiedliche Leistungsgrößen, um die für den Bedarf optimale Auswahl zu ermöglichen. In Abbildung 13 sind die Mengen- und Energieflüsse für das optimale Technologienetzwerk Braucommune und Altstadt von Freistadt dargestellt:

Abbildung 13: Szenario 5: Optimales Technologienetzwerk mit Mengen- und Energieflüssen für die Brauerei und die Altstadt Freistadt



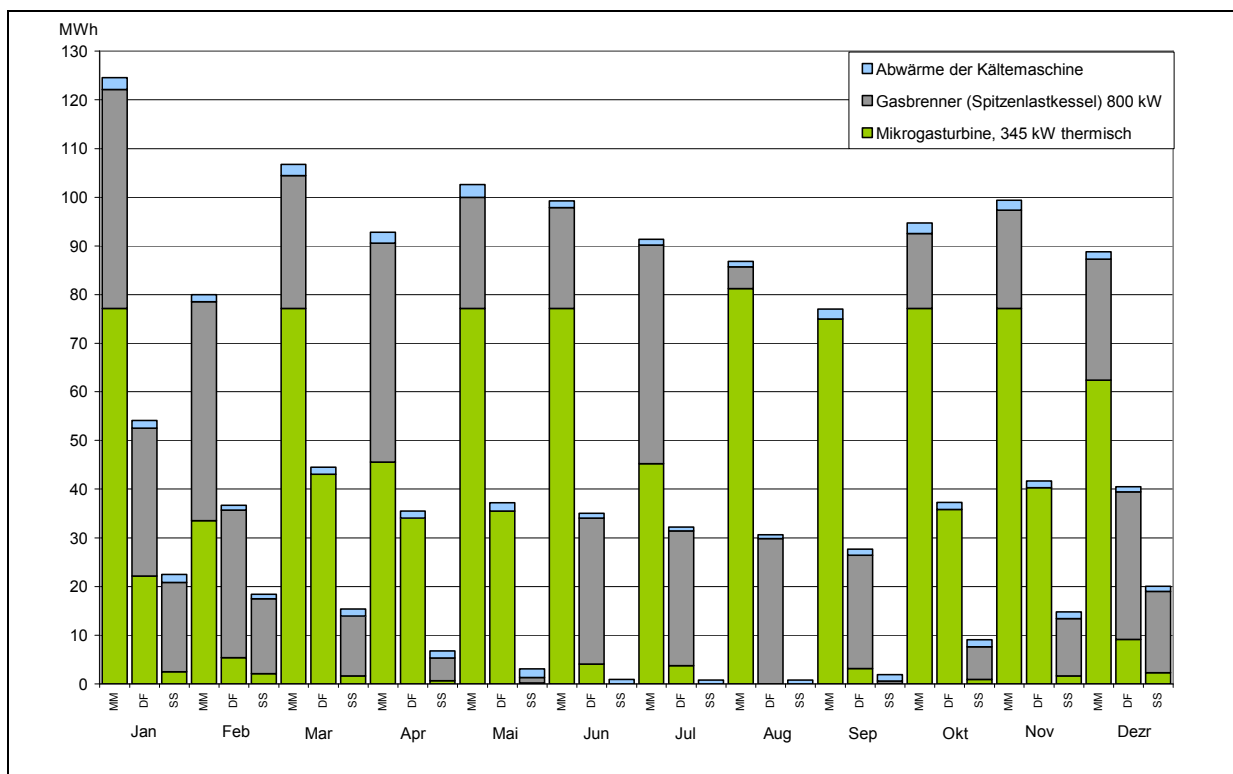
Aus der Maximalstruktur ergab sich ein Szenario, in dem folgende Technologien für die Energiebereitstellung zum Einsatz kommen:

- ORC, 700 kW elektrisch und 4.200 kW thermisch zur Abdeckung des Wärmebedarfs der Altstadt, Investitionskosten 6.500.000 € (turn-key)
- Mikrogasturbine, 3 Module mit je 65 kW elektrisch und 115 kW thermisch, zur Deckung von Grundlast, Biogas betrieben, Investitionskosten 300.000 €
- Gaskessel 800 kW Leistung, als Spitzenlastkessel und bei Bedarf zur Abdeckung der Raumwärme, Erdgas betrieben, Investitionskosten 30.000 €
- Biogasleitung von Anlage zur Brauerei mit 1.230 m Leitungslänge, Abschreibung auf 30 Jahre, Investitionskosten 123.000 € bei 100 €/l/m
- Kältemaschine, 250 kW Leistung, Investitionskosten laut Anbot

Das Diagramm in Abbildung 14 zeigt die Bereitstellung der Wärme für die Brauerei mit den zur Anwendung kommenden unterschiedlichen Technologien. Die biogasbetriebene Mikrogasturbine, bestehend aus drei Modulen á 65 kW elektrisch, deckt die Grundlast. Aufgrund der Biogasbeschränkung muss jedoch der erdgasbetriebene Gaskessel nicht nur zur Spitzenlast eingesetzt werden, sondern deckt im Falle der Raumwärme auch Bedarfe in den

Wintermonaten ab. Mit diesem Technologienetzwerk wandelt sich das Bild verglichen mit dem BAU. Für die Brauerei erwachsen bei gleicher Wärmebereitstellung innerhalb der Abschreibungszeit von 10 Jahren jährliche Kosten von rund 755.350 €. Nach dem Bau der Anlage kann 10 Jahre später bereits ein *Gewinn* von rund 22.270 €/Jahr erlöst werden.

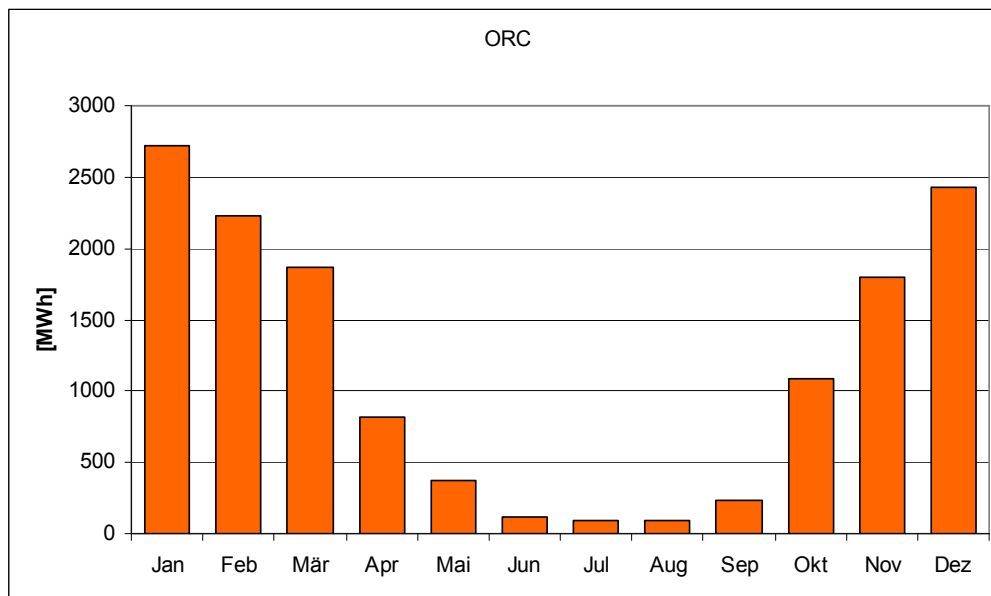
Abbildung 14: Szenario 5: Wärmebereitstellung für die Brauerei im optimalen Technologienetzwerk



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 15 stellt Wärmebereitstellung für die Altstadt von Freistadt durch eine 4.200 kW ORC-Anlage dar.

Abbildung 15: Wärmebereitstellung mit einem 4.200 kW ORC für die Altstadt von Freistadt im optimalen Technologiennetzwerk



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

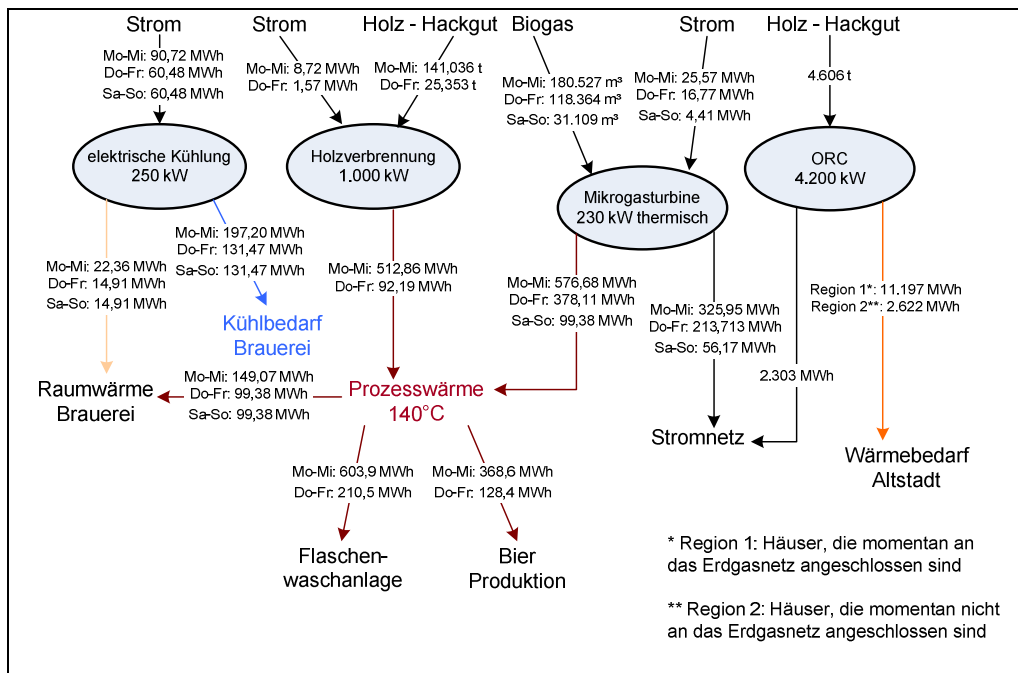
2.3.8 Szenario 6: Technologiennetzwerk für Braucommune und Altstadt von Freistadt – ohne Verwendung von fossilen Energieträgern

Da es sich aus dem optimalen Szenario ergeben hat, dass ein erdgasbetriebener Gasbrenner zum Einsatz kommt, sollte jedoch auch der ökologische Aspekt bereits in der Szenariengestaltung einfließen. Daher wurde in diesem Szenario die Möglichkeit der Spitzenlastabdeckung durch fossile Energieträger nicht gestattet. Folgende Struktur konnte mit der PNS erstellt werden:

- ORC, 700 kW elektrisch und 4.200 kW thermisch zur Abdeckung des Wärmebedarfs der Altstadt, Investitionskosten 6.500.000 € (turn-key)
- Hackgutkessel, 1.000 kW Leistung, Investitionskosten 510.000€ (turn-key)
- Mikrogasturbine, 2 Module mit je 65 kW elektrisch und 115 kW thermisch, zur Deckung von Grundlast und Spitzenlast, Biogas, Investitionskosten 210.000 €
- Biogasleitung von Anlage zur Brauerei mit 1.230 m Leitungslänge, Abschreibung auf 30 Jahre, Investitionskosten 123.000 € bei 100€/lkm
- Kältemaschine, 250 kW Leistung, Investitionskosten laut Anbot

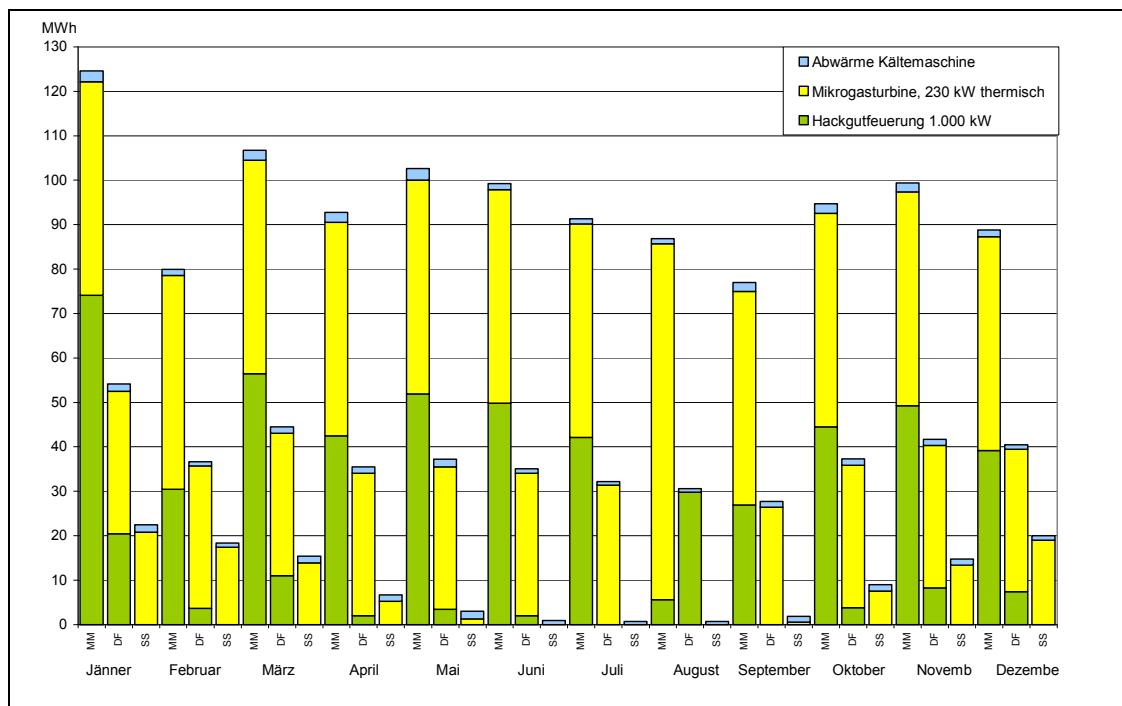
Da die Investitionskosten des Hackgutkessels ein Vielfaches jener des Gaskessels sind, gibt es in diesem Szenario eine Änderung der Wertschöpfung, da sich die Gesamtkosten erhöhen. Während der Abschreibungsdauer ist mit Kosten von rund 781.470 €/Jahr zu rechnen, wobei dies immer noch ca. 20% weniger Kosten als im BAU Betrieb sind. Sobald die Abschreibungsdauer vorbei ist, kann die Braucommune Freistadt mit diesem Szenario, dessen Strukturgraph in Abbildung 16 veranschaulicht ist, einen jährlichen Gewinn von rund 35.160 € pro Jahr erzielen.

Abbildung 16: Szenario 6: Braucommune und Altstadt von Freistadt ohne Verwendung fossiler Energieträger



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 17: Szenario 6: Wärmebereitstellung für die Brauerei ohne Verwendung fossiler Energieträger



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

In Abbildung 17 ist die Wärmebereitstellung durch die unterschiedlichen Technologien für die Deckung des Energiebedarfs der Brauerei dargestellt. Die Wärmeversorgung der Altstadt entspricht dem Verlauf, der in

Abbildung 15 veranschaulicht ist.

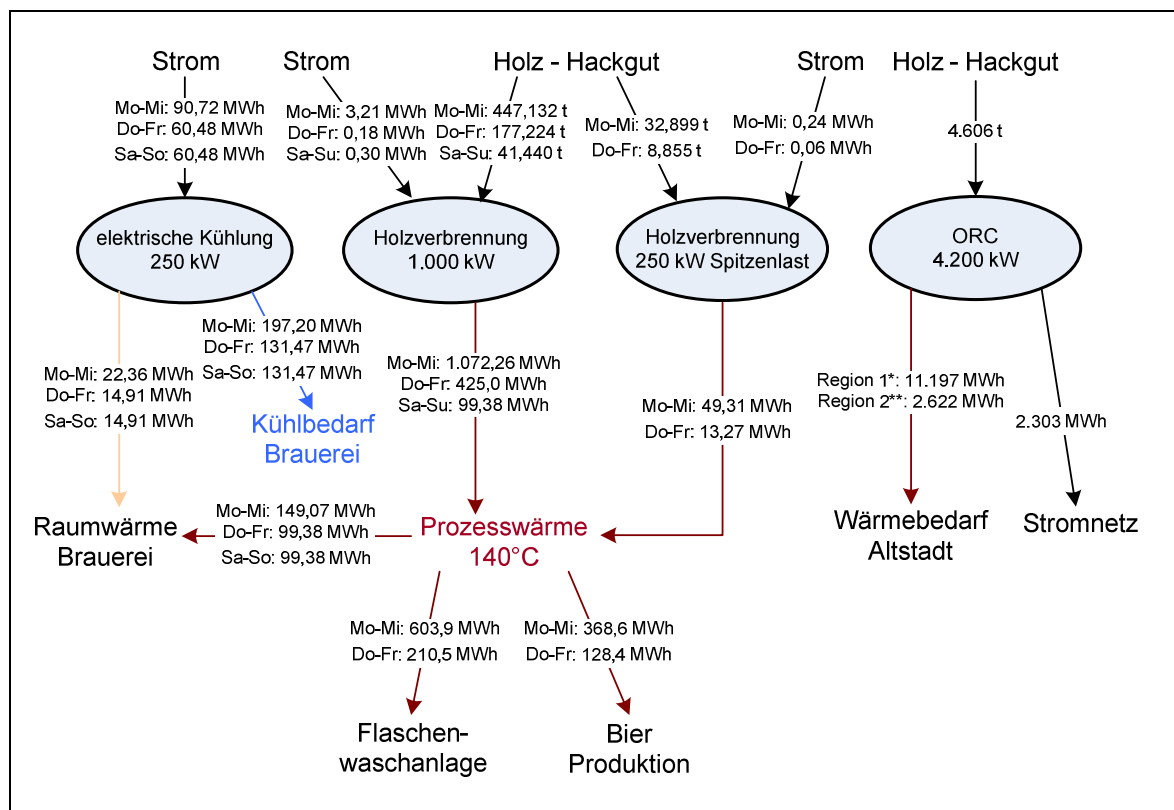
Die Abdeckung des Energiebedarfs der Brauerei entspricht dem ermittelten optimalen Szenario aus Szenario 2b in Kapitel 2.3.2, in dem sowohl Mikrogasturbine als auch Hackgutfeuerung die Prozesswärme bereitstellen und die Raumwärme im Sommer durch die Abwärme der Kältemaschine gedeckt werden kann.

2.3.9 Szenario 7: Technologienetzwerk für Braucommune und Altstadt von Freistadt – ohne Verwendung fossiler Energieträger und ohne Biogasversorgung

Da, wie bereits erwähnt, eine Versorgung der Brauerei mit Biogas noch nicht abgesichert ist, wurde auch für das Gesamtsystem Braucommune und Freistädter Altstadt ein Szenario entworfen, bei dem aufgrund der fehlenden Biogasressource der Einsatz einer Mikrogasturbine nicht möglich ist.

Des Weiteren wurde die Möglichkeit einer Versorgung mit fossilen Rohstoffen in diesem Szenario nicht gestattet. Daraus ergibt sich ein Netzwerk, das mit einer 1.200kW Hackgutheizung den Energiebedarf der Brauerei decken und die Altstadt mit einem 4.200 kW_{thermisch} ORC versorgen kann. Der Kältebedarf der Brauerei wird wie in allen anderen Szenarien mit einer 250 kW Kälteanlage bereit gestellt.

Abbildung 18: Szenario 7: Braucommune und Altstadt von Freistadt ohne Verwendung fossiler Energieträger und ohne Biogas



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Die Abwärme dieser Anlage kann zur Bereitstellung der Raumwärme genutzt werden. Wenn keine Mikrogasturbine verwendet werden kann, fällt der Erlös für den erzeugten Strom weg.

Aus diesem Grund liegen die Gesamtkosten höher als in den zuvor beschriebenen Szenarien und betragen jährlich etwa 793.300 €. Zehn Jahre nach dem Bau des Technologienetzwerks und dem Ende der Abschreibungsdauer wandeln sich die Kosten zu einem Gewinn von jährlich ca. 2.350 €.

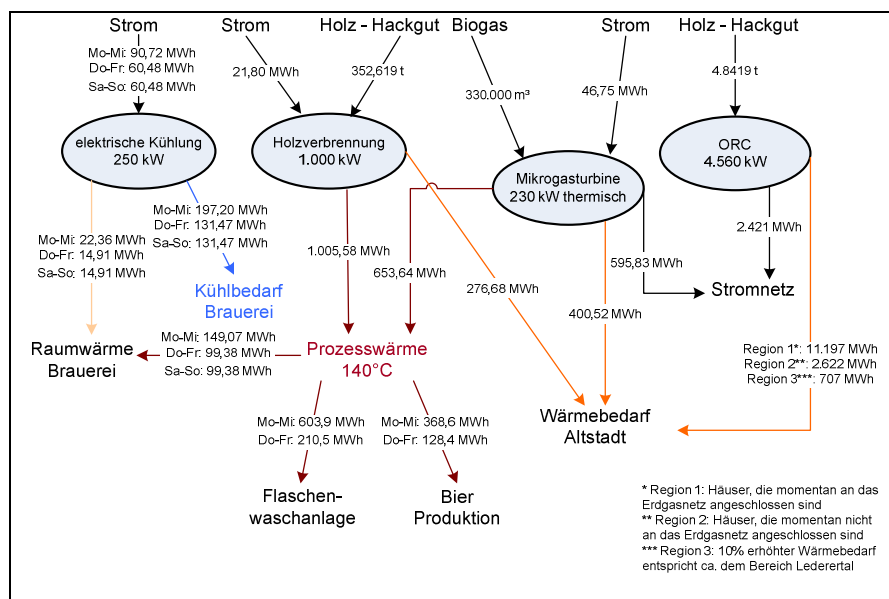
Aus dem in Abbildung 18 dargestellten Strukturgraph dieses Szenarios lassen sich die Mengen- und Energieströme erkennen. Das Diagramm in Abbildung 10 bildet die jeweilige Wärmebereitstellung der in dieser Struktur zum Einsatz kommenden Technologien ab. Die Ganglinie des ORC entspricht auch in diesem Szenario jener, wie sie in

Abbildung 15 dargestellt ist.

2.3.10 Szenario 8: Technologienetzwerk für Braucommune und Altstadt von Freistadt 10% höherer Wärmebedarf der Stadt

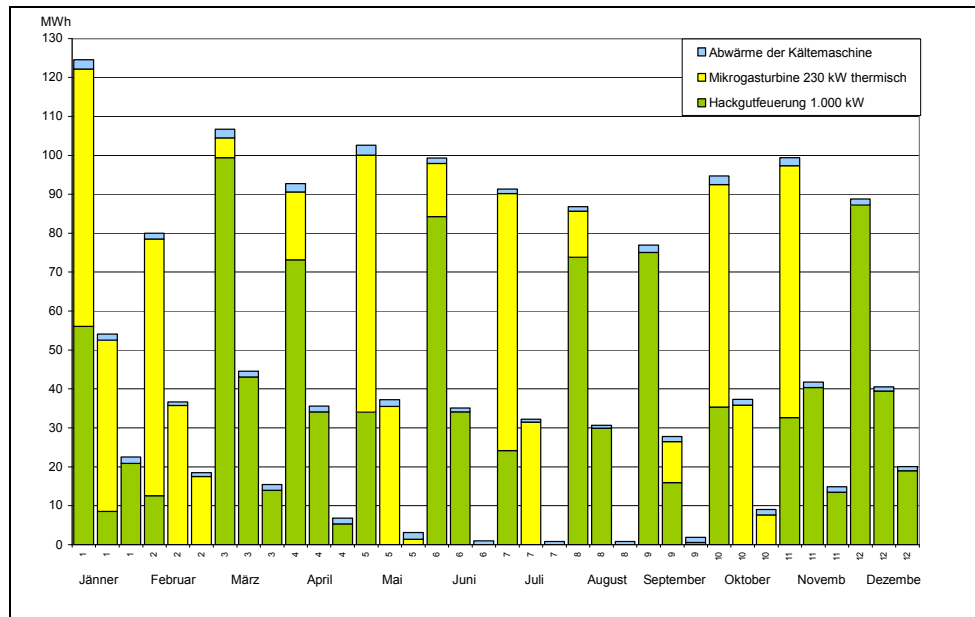
Dieses Szenario soll aus dem Vorhergegangenen ein Entwicklungspotenzial aufzeigen. Aus ökologischen Aspekten wird nicht von dem in der PNS rein nach monetären Gesichtspunkten generierten optimalen Technologienetzwerks ausgegangen, sondern jenes ausgewählt, dass ausschließlich erneuerbare Ressourcen zum Einsatz bringt. Der Wärmebedarf der Altstadt wurde um 10% erhöht. Dies sind 1.384 MWh, was ca. dem Gebiet Lederertal in Freistadt entspricht. Es wäre mit dem bereits vorhandenen Technologienetzwerk aus Mikrogasturbine, Hackgutverbrennung und ORC möglich, diesen zusätzlichen Bedarf zu decken. Daraus ergibt sich eine bessere Ausnutzung der Technologien und durch den Verkauf der Fernwärme an zusätzliche AbnehmerInnen kann mit dem Gesamtsystem ein höherer Gewinn erzielt werden. In Abbildung 19 ist der Strukturgraph für dieses Szenario dargestellt.

Abbildung 19: Szenario 8: Technologienetzwerk für Brauerei und Altstadt von Freistadt bei einem erhöhten Wärmebedarf der Stadt um 10%



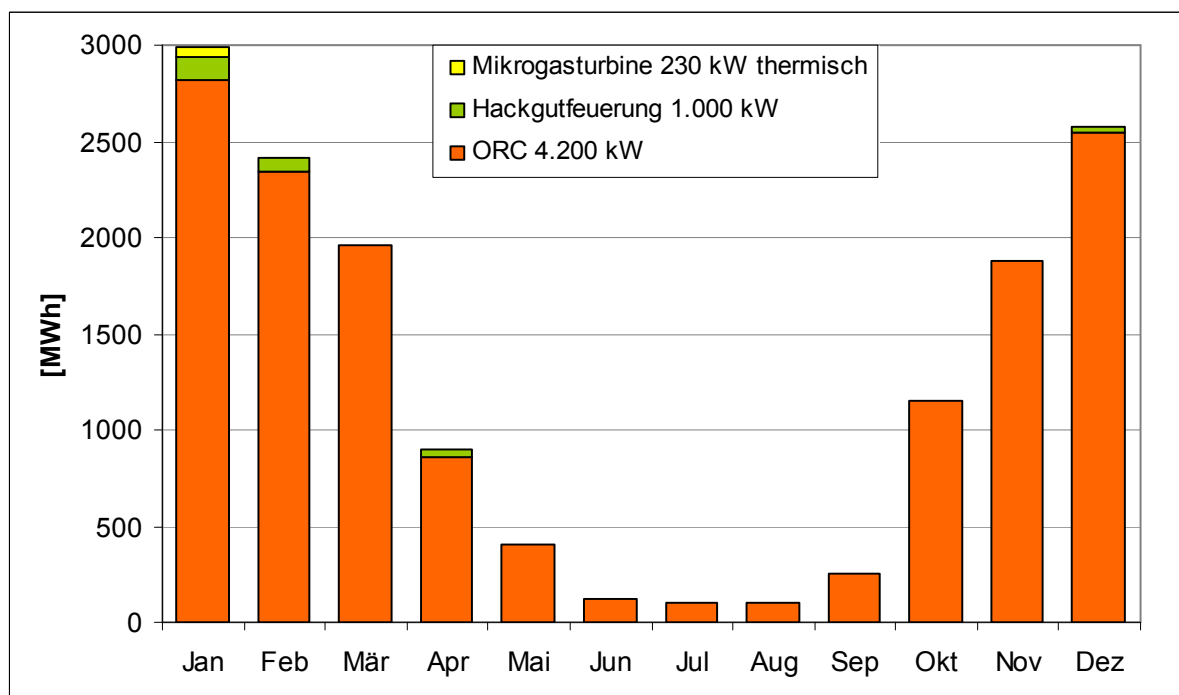
Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 20: Wärmebereitstellung für die Brauerei bei einem erhöhten Wärmebedarf der Stadt um 10%



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Abbildung 21: Wärmebereitstellung für die Stadt Freistadt bei einer theoretischen Erhöhung des Wärmebedarfs um 10%



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

In dem Diagramm in Abbildung 20 ist die Wärmebereitstellung der unterschiedlichen Technologien im Netzwerk dargestellt. Nachdem der erhöhte Wärmebedarf außerhalb der Altstadt anfallen müsste, kann die Brauerei die rund 1.500 MWh zu dem Freistädter Fernwärmepreis von 5,83 ct/kWh Wärme verkaufen. Daher steigt dieses Szenario mit den geringsten jährlichen Gesamtkosten aus. Im Abschreibungszeitraum von 10 Jahren betragen diese ca. 714.930 €. Danach bringt diese Art der Energieversorgung einen *Gewinn* von rund 101.700 € pro Jahr.

Die Wärmeversorgung der Stadt Freistadt durch eine ORC-Anlage ist in Abbildung 21 zu erkennen. Bei einem erhöhten Wärmebedarf um 10% kann der ORC mit einer thermischen Leistung von 4.200 kW in manchen Monaten die erforderliche Wärme nicht decken. Deshalb unterstützen einerseits die Hackgutverbrennung als auch die Mikrogasturbine zu einem geringen Teil den ORC, um den erhöhten Bedarf abdecken zu können.

2.3.11 Zusammenfassung der Szenarien für ein gemeinsames Technologienetzwerk Brauerei und Altstadt von Freistadt

In Tabelle 6 ist ein Vergleich der Gesamtkosten während und nach der Abschreibungsdauer aller beschriebenen Szenarien dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, dass ein Betrieb wie er zurzeit in Freistadt erfolgt (BAU) bei weitem die höchsten Kosten verursacht. Noch drastischer werden die hohen Rohstoffkosten von Öl und Erdgas erkennbar, wenn man die Kostenstruktur nach der Abschreibungsdauer von 10 Jahren miteinander vergleicht.

Einzig für das BAU-Szenario ergeben sich weiterhin hohe Kosten die fast 1 Mio € jährlich ausmachen, ganz im Gegensatz zu allen anderen, noch dazu ökologisch sinnvolleren, Szenarien. Mit jeder dieser Optionen lässt sich nach 10 Jahren ein *Gewinn* erzielen, der bei einem höheren Wärmebedarf der Stadt, sprich einer Ausweitung der Fernwärmeversorgung mehr als 100.000 € jährlich beträgt. Die Gegenüberstellung der Gesamtkosten der einzelnen Szenarien

wird

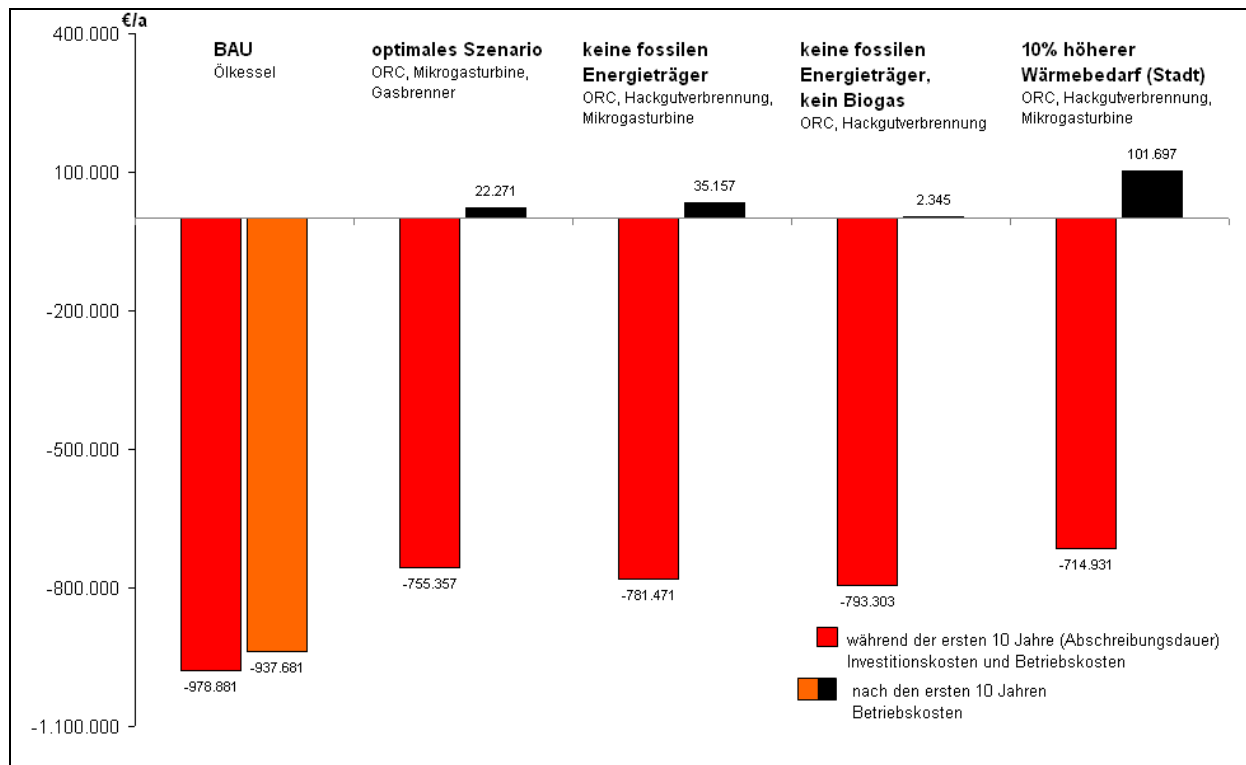
Abbildung 22 gezeigt.

Tabelle 6: Gesamtinvestitionskosten und jährliche Gesamtkosten der Szenarien

Szenario	Gesamt-Investitionskosten [€]	Jährliche Gesamtkosten in den ersten 10 Jahren [€]	jährliche Gesamtkosten nach den ersten 10 Jahren [€]
Szenario 4 (BAU)	412.000	978.881	937.681
Szenario 5	7.776.280	755.357	-22.271
Szenario 6	8.166.280	781.471	-35.157
Szenario 7	7.956.480	793.303	-2.345
Szenario 8	8.166.280	714.931	-101.697

Quelle: eigene Berechnungen

Abbildung 22: Vergleich der jährlichen Kosten während und nach einer Abschreibungszeit von 10 Jahren für die Szenarien eines Technologienetzwerkes Brauerei und Freistädter Altstadt



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

In allen in Tabelle 6 beschriebenen Szenarien wurde davon ausgegangen, dass die BrauinteressentInnen auch gleichzeitig die HauseigentümerInnen der Altstadt sind. Daher wurde in den aufgezeigten Strukturen kein Verkauf der Wärme an die Altstadt berücksichtigt. Unter der Annahme, dass die Brauerei Freistadt jedoch die Fernwärme zum ortsüblichen Preis von 5,83 ct/kWh verkaufen könnte, könnte die Brauerei jährlich hohe Gewinne erzielen. Dies soll anhand des in Kapitel 2.3.7 beschriebenen Szenario 5 näher erläutert werden. Es handelt sich hierbei um das mit der PNS als optimales Technologienetzwerk ermittelte Szenario. Die gesamte von der Brauerei erzeugte Wärme wird in ein Fernwärmenetz eingespeist, wobei die Kosten für die Errichtung dieses Netzes ebenfalls in der PNS berücksichtigt wurden. In Freistadt muss hierfür mit Investitionskosten von rund 400€/lrm für die Fernwärmeleitung gerechnet werden.

Wird die gesamte erzielbare Fernwärme verkauft, bedeutet das für die Brauerei einen jährlichen *Gewinn* von ca. 50.230 € bereits während der Abschreibungsdauer von 10 Jahren. Nach dieser Zeit kann anschließend mit einem *Gewinn* von rund 830.000 € pro Jahr gerechnet werden.

2.4 Abschätzung des Energieverbrauchs in den Versorgungsgebieten

Folgende Daten standen als Basis für die Projektarbeit zur Verfügung:

- Digitale Katastermappe im AUTOCAD-Format (BEV 2008)
- Digitales Orthofoto (BEV 2007)
- Auszug aus dem Gebäude- und Wohnregister als Punkte-Shapefile (Stadtgemeinde Freistadt 2008)
- gescannte Karten über das Gasnetz (OÖ Ferngas 2008)
- gescannte Karten über das bestehende und das geplante Fernwärmenetz (Fernheizwerk Freistadt regGenmbH 2008)
- Ergänzungen zur digitalen Katastermappe vor allem in Bezug auf neu errichtete Gebäude (Ingenieurbüro Aigner 2009)
- Energiedatenerhebung aus dem Energiespargemeinden-Programm (EGEM) als MS-Excel-Datei (IEC 2009), durchgeführt vom „Energie Institut Linz“¹⁶

2.4.1 Energiedatenerhebung

Die Energiedatenerhebung (IEC 2009) war folgendermaßen aufgebaut:

Die Erhebung erfolgte nach unterschiedlichen Nutzungskategorien: Einfamilienhäuser, Mehrfamilienwohnhäuser, Gewerbe und Industrie, sowie Öffentliche Gebäude. Erhoben wurde einerseits der Energieverbrauch für Raumwärme – wobei nach Erdgas, Flüssiggas, Heizöl extraleicht, Heizöl leicht, Heizöl schwer, Kohle, Holz, Pellets, Strom und Fernwärme aus Biomasse unterschieden wurde und andererseits der Strom- und der Treibstoffverbrauch. Letzteres stand nur für Gewerbe und Industrie bzw. öffentliche Gebäude zur Verfügung. Zusätzlich wurde die Eigenproduktion im Bereich Erneuerbare Energie ermittelt, getrennt nach Solarthermie, Photovoltaik, Biogas und Nahwärme.

Der Energieverbrauch der Einfamilienhäuser wurde nicht erhoben sondern anhand einer statistischen Kennzahl (Wohnfläche in m² x Energiekennzahl) berechnet. Da die ursprüngliche Berechnung mit einer einheitlichen Energiekennzahl von 160 kWh/m²a (unabhängig vom Baualter) erfolgt war, musste durch das Institut für Raumplanung und Ländliche Neuordnung (IRUB) eine neue Berechnung mit an das Baualter angepassten Energiekennzahlen durchgeführt werden, um für einzelne potenzielle Versorgungsgebiete präzise Aussagen treffen zu können.

Da der Detaillierungsgrad und die Vollständigkeit der zur Verfügung stehenden Daten nicht ausreichend war, wurden vom IRUB ergänzende Primärerhebungen vor Ort durchgeführt. Weiters wurde eine stichprobenartige Kontrolle des Datensatzes durchgeführt. Durch die Präzisierung der Daten kam es in den einzelnen potenziellen Versorgungsgebieten zu einer

¹⁶ nicht ident mit dem gleichnamigen Projektpartner der Kepleruniversität Linz

signifikant veränderten Einschätzung des Energieverbrauchs von im Durchschnitt +21,1% im Vergleich zum Originaldatensatz, wobei die Werte zwischen -9,2 und +61,6% schwanken. Eine Überprüfung der Daten war demnach notwendig und gerechtfertigt.

Die Kennzahlen basieren für die Bauperioden bis 1996 auf dem Regionalen Energiekonzept Freistadt¹⁷, für die Periode 1997 bis 2003 auf dem oberösterreichischen Durchschnittswert der Nutzheiz-Energiekennzahl aus dem Jahr 2003 und für alle jüngeren Bauten auf dem Niedrigenergiehaus-Standard von 50 kWh/m²a (Mitter 2005, S. 73).

Nach der Aufbereitung der EGEM-Daten wurden die relevanten Informationen der digitalen Katastermappe (vor allem Gebäude) in das Shape-Format umgewandelt und durch Daten des Ingenieurbüros Aigner ergänzt. Der dann noch fehlende Gebäudebestand wurde durch Luftbildinterpretation und Begehungen vor Ort in den zuvor auf Basis einer Grobanalyse abgegrenzten potenziellen Versorgungsgebieten ermittelt, damit jedem Datensatz ein Gebäude zugeordnet werden konnte. In weiterer Folge wurden die Punktdaten aus dem Gebäude- und Wohnregister überprüft, mit den EGEM-Daten verknüpft und im GIS eine Karte erstellt, die den Energieverbrauch nach Adressen darstellt. Da die personen- bzw. haushaltsbezogenen Daten jedoch der Vertraulichkeit unterliegen, kann diese Karte nicht publiziert werden. Sie dient als Grundlage für die direkt darauf aufbauende Datenaggregation und Abgrenzung der potenziellen Versorgungsgebiete (vgl. Plan 1)

2.4.2 Abgrenzung der potenziellen Versorgungsgebiete

Die Abgrenzung basiert auf einer am IRUB entwickelten Methode zur Prüfung der Machbarkeit von Biomassenah- und Fernwärmeversorgung¹⁸. Diese Methode wurde an die bestehenden Förderrichtlinien der „Kommunal Kredit – Public Consulting“ für die Förderung von Biomasse-Nahwärmeversorgungsanlagen angepasst, die einen Grenzwert der Wärmebelegung von 900 kWh/m vorsehen (Kommunalkredit n.b.).

Zur Ermittlung der Versorgungsgebiete wurde das Brauereigelände als Produktionsstandort definiert und eine Abgrenzung zur bestehenden Fernwärme-Versorgungsanlage vorgenommen. In Gesprächen mit Vertretern der Fernwärmegenossenschaft wurden zusätzlich deren Ausbaupläne ermittelt und berücksichtigt. Anschließend erfolgte die Grobabgrenzung von Versorgungsgebieten (siehe Anhang Kapitel 6.7, Plan 1: Potenzielle Versorgungsgebiete). Als Kriterien dienten das Fehlen einer Fernwärmeleitung und das Vorhandensein von Großabnehmern mit einem Energiebedarf von mehr als 100 MWh/a. Nach dieser Grobabgrenzung wurde ein potenzielles Fernwärmenetz entwickelt. Dabei ergaben sich auch Änderungen der Gebietsabgrenzungen. Gebäude mit geringem Energiebedarf wurden in das Netz einbezogen, wenn sie entlang der Leitungsstrasse lagen. Da in die Berechnung der Wärmebelegung auch die Hausanschlusslängen einzubeziehen sind, wurden im GIS die Leitungslängen von den Hauptsträngen bis zu den Gebäudegrenzen ermittelt und ergänzt. Ergebnis dieses iterativen Prozesses waren Versorgungsgebiete mit optimiertem potenziellem Fernwärmenetz, die vom Standort Brauerei aus optimal versorgt werden könnten: Altstadt, Böh-

¹⁷ Forschung Planung Beratung 1997, Teil A S. 52, Teil B S. 24

¹⁸ Mitter (2005), Mitter und Stöglehner (2006), Stöglehner und Mitter (2006), Mitter und Stöglehner (2007)

mer Vorstadt, Brauerei, Kalvarienberg, Kaserne, Kaspar-Schwarz-Straße, Lederertal, Linzer Vorstadt und Stieranger. Weitere Abgrenzungskriterien waren die Topographie (z.B. Altstadt, Böhmer Vorstadt, Lederertal) und die Erreichbarkeit über das Öffentliche Gut (z.B. Kaspar-Schwarz-Straße).

In den bereits erwähnten Besprechungen mit Vertretern der Brauerei wurden Rahmenbedingungen abgesteckt, die stark auf eine Fokussierung auf die Altstadt gewiesen haben. Auf dieser Basis wurden folgende Szenarien entwickelt:

- Vollanschluss der Altstadt
- Anschluss der öffentlichen Gebäude
- Anschluss der nicht mit Gas versorgten Gebäude

Für das Szenario „Anschluss der öffentlichen Gebäude“ wurden auch zwei Subszenarien – erstellt – einmal mit und einmal ohne Salzhof (wegen der großen Distanz zum Hauptstrang). Als zusätzliche Option wurde die Einbeziehung von Großabnehmern außerhalb der Altstadt definiert. Darauf aufbauend wurde die Wärmebelegung (kWh pro Laufmeter Fernwärmenetz inklusive Hausanschlüsse) – bezogen auf die jeweiligen Versorgungsgebiete – ermittelt (siehe Anhang Kapitel 6.7, Plan 2: Wärmebelegung nach Versorgungsgebieten). Aufgrund der errechneten Werte wurden folgende Klassen gebildet: 1.500-2.000 kWh/m, 2.000-2.500, 2.500-3.000 und 3.000-3.600 kWh/m.

Um das tatsächliche Anschlusspotenzial in der Altstadt berechnen zu können, wurden jene Adressen ermittelt, die einen Gasanschluss besitzen und somit für eine Fernwärmeversorgung zumindest kurzfristig nur mit geringer Wahrscheinlichkeit in Frage kommen. Alle übrigen Gebäude verfügen bis auf zwei Ausnahmen (Scheitholz) über eine Ölheizung und kommen deshalb als potenzielle Abnehmer in Betracht.

Bei Aggregation des gebäudebezogenen Energiebedarfs für Raumheizung und Warmwasser zeigt sich, dass sich eine hohe Konzentration an Gebäuden mit einem Verbrauch von mehr als 100 MWh/a dabei in den Gebieten „Altstadt“, „Linzer Vorstadt“ und „Stieranger“ feststellen lässt (Karte aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht publizierbar). Andererseits zeichnen sich jene Gebiete klar ab, die aufgrund des niedrigen Energiebedarfs nicht für eine leitungsgebundene Versorgung in Frage kommen. Diese Rahmenbedingungen führten zu der in diesem Kapitel erläuterten Abgrenzung der Versorgungsgebiete (vgl. Plan 1: Potenzielle Versorgungsgebiete).

Wie Tabelle 7 und Plan 2 zeigen, ist die Wärmebelegung im Vergleich zum Förderungslimit von 900 kWh/m sehr hoch. Aus diesem Grund sind verschiedene Szenarien der Versorgung und das beliebige Kombinieren von Versorgungsgebieten denkbar, um eine wirtschaftliche Fernwärmeversorgung zu ermöglichen. Es besteht ein Puffer für mögliche Energieeffizienzmaßnahmen an Gebäuden in den Versorgungsgebieten bzw. könnte im Durchschnitt jedes dritte oder vierte Gebäude nicht angeschlossen werden und die Fördergrenze würde trotzdem nicht unterschritten. Das bedeutet, dass – unabhängig vom verwendeten Rohmaterial – eine Fernwärmeversorgung auf Biomassebasis sehr sinnvoll ist.

Tabelle 7: Verbrauch und Wärmebelegung der Versorgungsgebiete

Versorgungsgebiet	Verbrauch [MWh/a]	Wärmebelegung [kWh/m]
Altstadt	13.819	4.973
Böhmer Vorstadt	2.935	2.312
Kalvarienberg	4.882	1.893
Kaserne	6.377	3.466
Kaspar-Schwarz-Straße	2.649	1.440
Lederertal	1.809	2.125
Linzer Vorstadt	4.478	3.870
Stieranger	3.556	2.057
Summe	41.507	---

Quelle: eigene Berechnung

2.5 Abschätzung des Versorgungs-Hinterlandes

Tabelle 8: Benötigte Waldfläche je Versorgungsgebiet

Versorgungsgebiet	Verbrauch [MWh/a]	benötigte Waldfläche [ha]
Altstadt	13.818,81	681,54
Böhmer Vorstadt	2.935,41	144,77
Kalvarienberg	4.882,17	240,79
Kaserne	7.377,31	363,85
Kaspar-Schwarz-Straße	2.649,25	130,66
Lederertal	1.809,38	89,24
Linzer Vorstadt	4.478,38	220,87
Stieranger	3.556,42	175,40
Summe	41.507,12	2.047,13

Quelle: eigene Berechnung

Das energetische Hinterland hängt davon ab, zu wie viel Prozent die Waldfläche der Energienutzung zugeführt wird. Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Berechnung, die in folgenden Schritten durchgeführt wurde:

1. Ermittlung des Flächenbedarfs nach Stöglehner (2003): Der Gesamtverbrauch der jeweiligen Versorgungsgebiete wurde in Megajoule umgerechnet und mit dem Flächenbedarf für die Produktion von einem MJ Wärmeenergie pro Jahr, nämlich $0,137 \text{ m}^2$ (Stöglehner 2002, S. 269), multipliziert, ergibt einen Flächenbedarf von 2.047 ha oder 20,47 km^2 für alle Versorgungsgebiete.

2. Ermittlung des nachhaltig nutzbaren Biomassepotenzials: Geht man von einem nachhaltig nutzbaren Potenzial von 5,6 Vorratsfestmeter (Vfm) pro Hektar (Waldzuwachs abzüglich Nutzung) aus (BFW n.b.), ergibt sich für den Bezirk Freistadt ein Holzvorrat von 288.958 Vfm oder 260.062 Erntefestmeter (abzüglich 10% Ernte- und Rindenverluste). Bei einer Waldfläche von 51.600 ha (51,9% der Gesamtfläche) im Bezirk Freistadt, einer angenommenen Dichte von 500 kg Holz pro Festmeter (Schauer 1995, S. 90) und einem Heizwert von 4,3 kWh/kg (Ebert 2004, S. 43) ergibt sich ein Energieertrag von 559.133 MWh. Nach Ebert könnte für getrocknetes Holz eine höhere Dichte von ca. 600 kg/m^3 angenommen werden, wodurch der Energieertrag um 20% höher liegen würde. Um das vorhandene Potenzial nicht zu überschätzen, wurde jedoch (1) von einer geringeren Dichte ausgegangen und (2) wurden die Erntefestmeter und nicht wie üblich die Vorratsfestmeter zur Berechnung herangezogen.

3. Ermittlung des Einzugsgebietes der Versorgungsgebiete: Im Einzugsgebiet von 10 km im Umkreis um die Brauerei – dies entspricht der maximalen Transportdistanz von Hackgut zum bestehenden Fernheizwerk in Freistadt – liegenden Waldflächen von 16.077 ha mit einem potenziellen nachhaltigen Energieertrag von 174.205 MWh. Das verbaute Stadtgebiet von etwa 440 ha wurde bei dieser Berechnung ausgenommen. Dennoch beträgt der Energieertrag dieser Fläche das Vierfache des potenziellen Verbrauchs im Vollausbau aller Versorgungsgebiete. Verringert man den Radius auf 5 km (wiederum ohne Berücksichtigung des verbauten Stadtgebietes) beträgt der Energieertrag immer noch das Dreifache des Altstadtbedarfes!

Eine ökonomische und zugleich nachhaltige Wärmeversorgung auf Biomassebasis ist in allen untersuchten potenziellen Versorgungsgebieten möglich.

2.6 Ökologische Bewertung der Szenarien und Abschätzung des CO₂ Einsparungspotenzials

Die Bewertungen der zuvor mit der Prozesssynthese ermittelten Szenarien erfolgte unter Anwendung des SPI¹⁹. Die ökologischen Drücke werden mit Hilfe von Flächenmaßen abgebildet und können dadurch miteinander verglichen werden. In Tabelle 9 sind für ausgewählte Szenarien der SPI, die jeweiligen CO₂ Äquivalente und das CO₂ Einsparungspotential zusammengefasst.

Bei der Betrachtung der Brauerei-Szenarien zeigt sich, dass das optimale Szenario im Vergleich zum Business as Usual nahezu den halben ökologischen Druck erzeugt und ein CO₂-Einsparungspotenzial von fast 60% hat. Noch höher ist dieses Potenzial, wenn ein Technologienetzwerk ohne eine Verwendung von Biogas zum Einsatz kommt. Hier können beinahe ¾ des CO₂ Ausstoßes reduziert werden und der SPI verringert sich auf mehr als die Hälfte des BAU-Wertes.

Tabelle 9: Ökologische Bewertung der Szenarien

		Szenario	SPI [km ²]	CO ₂ [t]	CO ₂ Einsparungs- potenzial	
					[t/a]	[%]
Brauerei	1	BAU	135,3	559,6	0	0
	2b	Optimales Szenario, diskontinuierlich	72,8	226,6	335,4	59,68
	3b	ohne Biogasversorgung, diskontinuierlich	59,0	154,7	407,3	72,47
Brauerei und Altstadt von Freistadt	4	BAU	1.062,7	5.059,3	0	0
	5	Optimales Szenario	535,9	1.524,6	3.520,1	69,78
	6	ohne Verwendung fossiler Energieträger	503,7	1.346,1	3.698,6	73,32
	7	ohne Verwendung fossiler E. und ohne Biogas	489,9	1.292,4	3.752,3	74,38
	8	10% höherer Wärmebedarf der Stadt	538,8	1.438,5	x	x

Quelle: eigene Berechnung

Im Gesamtszenario kommt es beim BAU Szenario zu einem jährlichen CO₂ Ausstoß von rund 5.060 Tonnen. Im optimalen Szenario kommt es zu CO₂ Einsparungen von fast 70%.

¹⁹ Eine genauere Beschreibung des SPI befindet sich im Anhang in Kapitel 6.2

Da im optimalen Szenario hinsichtlich der Wertschöpfung des Technologiennetzwerkes optimiert wurde, kann der ökologische Druck noch weiter verringert werden, indem der Gasbrenner durch eine Technologie ersetzt wird, die auf Verwendung erneuerbarer Energieträger beruht. Im Szenario ohne Einsatz fossiler Energieträger wird der Gasbrenner durch eine Hackgutverbrennung ersetzt und damit das Einsparungspotenzial auf rund 73% erhöht. Wenn nun auch kein Biogas eingesetzt wird und die benötigte Wärme ausschließlich aus Holz gewonnen wird, beträgt die Einsparung sogar fast $\frac{3}{4}$ des CO₂ Ausstoßes des BAU-Betriebs. Einen wesentlichen Teil des ökologischen Drucks macht allerdings die elektrische Kältemaschine aus, die jedoch bei allen Szenarien gleichermaßen ins Gewicht fällt. Des Weiteren sind in allen Szenarien, die mit einem Fernwärmenetz arbeiten (d.h. nur das BAU ist ausgeschlossen) pro kWh transportierte Wärme zu den Hausanschlüssen 5% Strombedarf im SPI und der CO₂ Menge bereits enthalten. Für das Szenario in dem es zu einem 10% höherem Wärmebedarf der Stadt kommt, kann kein CO₂ Einsparungspotenzial angegeben werden, da es nicht direkt mit dem BAU Szenario vergleichbar ist. Trotzdem lässt sich deutlich erkennen, dass trotz des höheren Wärmebedarfs der Stadt in diesem Szenario der CO₂ Ausstoß der gesamten Energiebereitstellung für Brauerei und die Stadt Freistadt um 70% geringer ist als beim BAU Szenario.

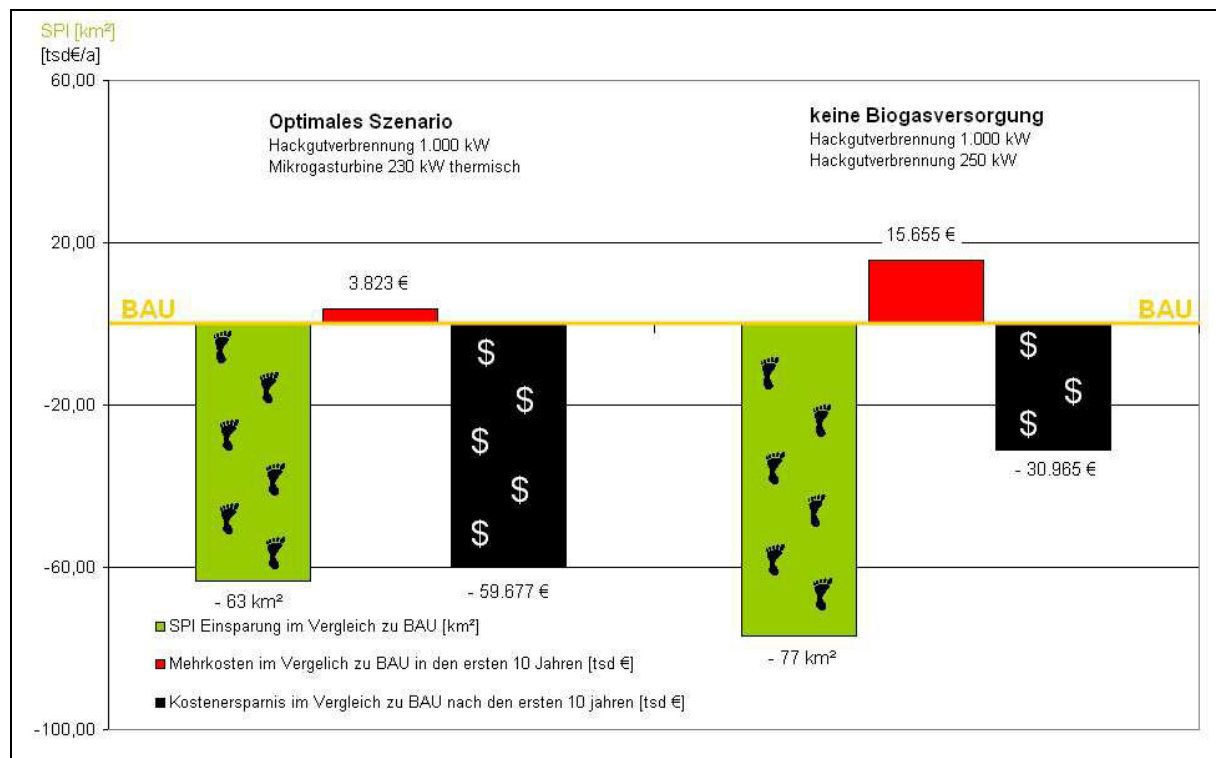
In Tabelle 10 und Abbildung 23 ist eine Gegenüberstellung der Szenarien der Brauerei hinsichtlich der Wertschöpfung und des gesamten Fußabdrucks des jeweiligen Szenarios dargestellt. Die Grundlinie bildet das BAU Szenario mit jährlichen Kosten von rund 138.000 € und einem Fußabdruck von ca. 135 km². Während der Abschreibungsdauer verursachen beide Szenarien, die ohne fossile Energieträger auskommen, jährlich höhere Kosten als ein Technologiennetzwerk, das dem BAU entspricht. Klar erkenntlich ist jedoch, dass der ökologische Druck der abgebildeten Szenarien erheblich geringer ist, als jener der durch eine Prozessführung und Raumwärmebereitstellung nach BAU verursacht wird. Sobald die Abschreibungsdauer vorbei ist, wendet sich das Blatt und die beiden ökologisch sinnvolleren Technologiennetze bringen jährlich Gewinne bis zu 60.000 €, wohingegen bei einem Beibehalten der momentanen Struktur nach 10 Jahren Abschreibung jährliche Kosten von 96.700 € erwachsen.

Tabelle 10: Gegenüberstellung von Kosten der Brauerei-Szenarien

	Szenario	Kosten während der Abschreibungsdauer (10 Jahre) [€/Jahr]	Kosten nach der Abschreibungsdauer (10 Jahre) [€/Jahr]
Brauerei	BAU	137.892	96.692
	Optimales Szenario, diskontinuierlich	141.715	37.015
	ohne Biogasversorgung, diskontinuierlich	153.547	65.727

Quelle: eigene Berechnungen

Abbildung 23: Gegenüberstellung von Kosten und Fußabdruck der Brauerei-Szenarien in Relation zu einer Prozessführung der Brauerei nach BAU



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Analog dazu zeigen Tabelle 11 und das Diagramm in Abbildung 24 eine Gegenüberstellung des Fußabdrucks der einzelnen Szenarien und deren dazu gehörigen Gesamtkosten für die Szenarien Braucommune und Altstadt von Freistadt während und nach der Abschreibungsdauer von 10 Jahren. Die Basislinie bildet das BAU-Szenario mit einem Fußabdruck von rund 1.060 km² und jährlichen Kosten während der Abschreibungsdauer von 978.880 €. Nach den 10 Jahren können die Kosten lediglich um 4% reduziert werden, da die Betriebskosten aufgrund der Kosten für Heizöl sowie das Erdgas für die Raumwärme hoch sind. Im Gegensatz dazu haben alle anderen Szenarien bereits während der ersten 10 Jahre nach Bau der Anlage geringere Gesamtkosten als das BAU-Szenario. Im schlechtesten Fall, also wenn keine fossilen Energieträger und kein Biogas eingesetzt werden, können mit diesem Szenario rund 185.580 € Gesamtkosten pro Jahr eingespart werden. Die höchste Ersparnis bietet das mit der PNS ermittelte optimale Technologienetzwerk, bei dem im Vergleich zum BAU die Kosten um jährliche 223.520 € gesenkt werden können.

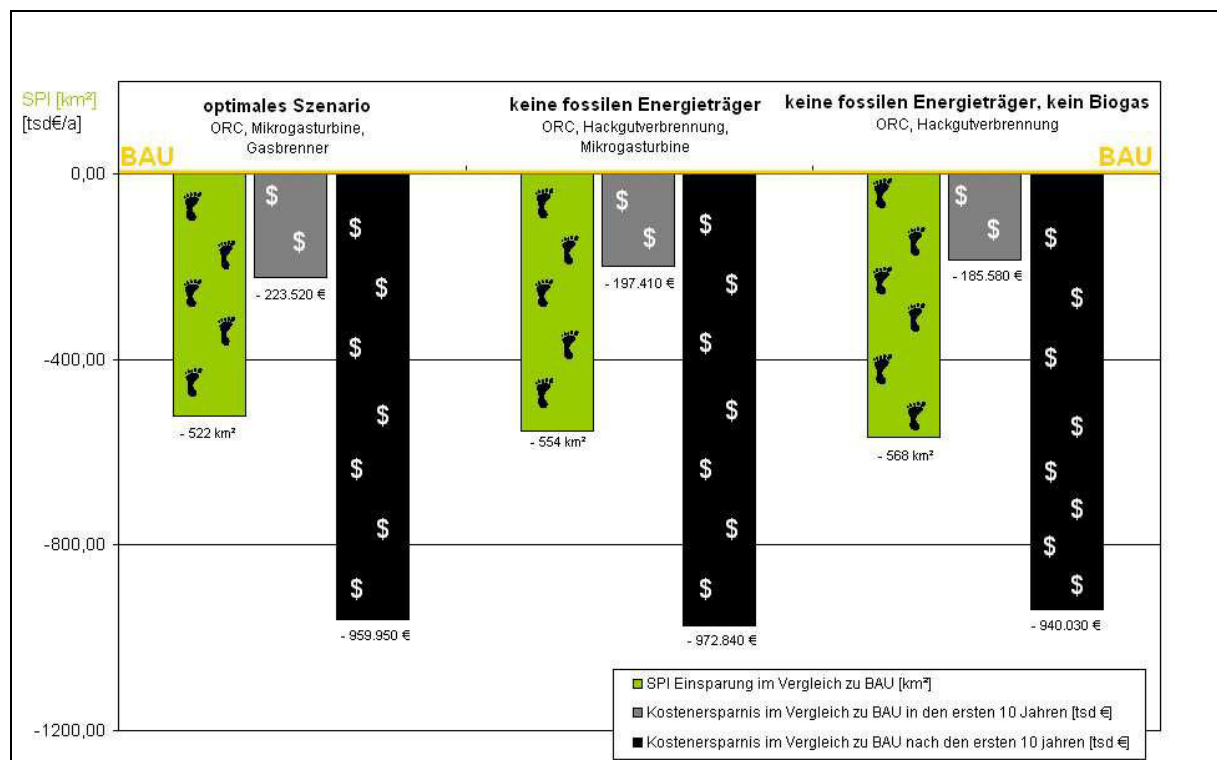
Die stärkste Verringerung des ökologischen Druckes bietet jenes Szenario in dem keine fossilen Energieträger und kein Biogas zum Einsatz kommen. Nach der Abschreibungszeit wandeln sich die Kosten für die einzelnen Szenarien in einen Gewinn um. Hierbei kommt es zu einer Verschiebung, sodass jenes Technologienetzwerk, das ohne fossile Energieträger jedoch mit Biogas arbeitet, den meisten Gewinn erzielen kann. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im optimalen Szenario Erdgas für den Spitzenlastkessel zum Einsatz kommt und in weiterer Folge der Rohstoffpreis des Gases ins Gewicht fällt.

Tabelle 11: Gegenüberstellung von Kosten der Brauerei-Altstadt-Szenarien

	Szenario	Kosten während der Abschreibungsdauer (10 Jahre) [€/Jahr]	Kosten nach der Abschreibungsdauer (10 Jahre) [€/Jahr]
Brauerei und Altstadt von Freistadt	BAU	978.881	937.681
	Optimales Szenario	755.357	-22.271
	ohne Verwendung fossiler Energieträger	781.471	-35.157
	ohne Verwendung fossiler Energieträger und ohne Biogas	793.303	-2.345
	10% höherer Wärmebedarf der Stadt	714.931	-101.697

Quelle: eigene Berechnungen

Abbildung 24: Gegenüberstellung von Kosten und Fußabdruck der Brauerei-Altstadt-Szenarien in Relation zu einer Prozessführung der Brauerei nach BAU



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

2.7 Regionalökonomische Bewertung der Szenarien

2.7.1 Volkswirtschaftliche Auswirkungen

Im Folgenden werden die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Technologieumstellung der Braucommune Freistadt analysiert. Hierbei erfolgt eine Bewertung der Auswirkungen auf die zentralen makroökonomischen Parameter für die oberösterreichische Volkswirtschaft. Einerseits werden hierbei die Auswirkungen der Technologieumstellung in zwei verschiedenen Varianten (mit und ohne Biogaseinspeisung) analysiert und andererseits erfolgt auch eine Untersuchung der volkswirtschaftlichen Effekte mit Einbeziehung der Nutzung der Abwärme der Braucommune für die Raumwärmeversorgung der Freistädter Altstadt.

Generell ist zu erwähnen, dass diese Analyse zwar tendenziell auf einer Mesebene stattfindet, da die zu analysierenden Maßnahmen auf einen bestimmten Betrieb sowie die Raumwärmeversorgung eines begrenzten Gebietes abzielen. Die Bezeichnung einer makroökonomischen Analyse ist in diesem Zusammenhang zulässig, da sämtliche Zweit- bzw. Mehrundeneffekte für die Region mitberücksichtigt werden.

Eine genaue Methoden-Beschreibung der volkswirtschaftlichen Analyse befindet sich in Kapitel 6.6 im Anhang.

2.7.2 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Technologieumstellung der Brauerei

Die eigentliche Systemumstellung der Braucommune Freistadt hinsichtlich Technologieanwendung und Energieversorgung bzw. -produktion wurde bereits in den vorangestellten Kapiteln ausführlich erörtert, sodass für die Inhalte der Maßnahmen auf diese Kapitel verwiesen wird.

Für die Analyse von zentralen makroökonomischen Effekten bestimmter Maßnahmen ist zudem darauf hinzuweisen, dass die Auswirkungen auch zentral von der Form der Finanzierung der Systemveränderungen abhängig sind. Hierbei ist es von zentraler Bedeutung, welche Annahmen bezüglich der Reaktion der öffentlichen Hand bzw. der Gebietskörperschaften hinsichtlich einer Veränderung des Staatshaushalts – öffentliche Einnahmen und öffentliche Ausgaben – getroffen werden. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die zusätzlichen Ausgaben des öffentlichen Sektors in Form der Investitionsförderung zur Technologieumstellung keine Kürzung anderer Ausgaben im öffentlichen Haushalt bewirkt: Es erfolgt keine Reaktion bzw. Anpassung von anderen öffentlichen Ausgaben und Einnahmen, sie werden über eine (Neu-)Verschuldung finanziert. Zudem werden in den einzelnen Maßnahmenbewertungen auch die ausgelösten Veränderungen der öffentlichen Einnahmen aus Energieabgaben und -steuern, die Veränderung von Mehrwertsteuereinnahmen aus privatem Konsum sowie von Lohnsteuereinnahmen errechnet. Tendenziell ist damit zu rechnen, dass die Einnahmen aus Energieabgaben aufgrund der Substitution von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energieträger aufgrund der geringeren Besteuerung abnehmen werden – diese Steuerausfälle werden durch die öffentliche Hand ebenfalls nicht durch eine alternative Ausgabenkürzung oder eine alternative Einnahmenerhöhung kompensiert.

Ein weiterer zentraler Faktor zur Bewertung der volkswirtschaftlichen Effekte ist die Reaktion der privaten Haushalte auf initiierte Veränderungen ihres Konsumverhaltens sowie die Reaktion der Unternehmen (in diesem Fall der Braucommune Freistadt sowie sämtliche Unternehmen, die an der Systemumstellung beteiligt sind) auf initiierte Veränderungen ihres Investitionsverhaltens. Die Reaktion der privaten Haushalte auf durch Maßnahmen initiierte Veränderungen in der Konsumstruktur ist in dieser Analyse als sekundär zu betrachten. Wichtig ist die Reaktion der Unternehmen. Unternehmen stehen vor der Entscheidung, ob sie auf Veränderungen in der Kostenstruktur mit einer Substitution innerhalb der Investitionen, mit einer Veränderung ihrer Rücklagen oder auf alternative Finanzierungsformen wie einer Kreditaufnahme reagieren. In den folgenden Analysen wird angenommen, dass die Umstellungen auf Basis von Rücklagen finanziert werden, sodass keine anderen Investitio-

nen damit ersetzt werden. Im (auf dieses Kapitel) folgenden Kapitel wird bei der Bewertung der zusätzlichen Abwärmenutzung für die Freistädter Altstadt gezeigt, wie sich alternativ eine Kreditfinanzierung der Investitionen auf die Ergebnisse auswirken.

Hinsichtlich der Energiepreise werden die aktuellen Preise (jährliche Durchschnittswerte) für die gesamte Beobachtungsperiode fortgeschrieben. Es ist aktuell nicht eindeutig abzusehen, wie sich die Energiepreise in den nächsten Jahren entwickeln werden, insbesondere die Prognose des Rohölpreises ist in dieser Hinsicht als äußerst diffizil zu betrachten, sodass mit konstanten Energiepreisen bis 2020 gerechnet wird.

Zudem wird angenommen, dass in etwa 40% der Investitionen der Unternehmen, die in die Sachgütererzeugung fließen, außerhalb Oberösterreichs wirksam werden, sodass ein teilweiser Wertschöpfungsabfluss der Investitionssumme vorhanden ist.

Die Technologie- und Energieumstellung der Braucommune Freistadt generiert in der gesamten Beobachtungsperiode von 2010 bis 2020 ein positives Wirtschaftswachstum. Der höchste Zuwachs wird im Jahr 2010 mit zusätzlichen 3,4 Mio. € für das oberösterreichische Bruttoregionalprodukt verzeichnet, da in diesem Jahr die eigentliche Umstellung realisiert wird und damit die direkten Investitionssummen fließen. Im Jahr 2020 wird unter Berücksichtigung aller Zweitrundeneffekte ein höheres Bruttoregionalprodukt im Ausmaß von 0,7 Mio. € verzeichnet (im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung dieser Maßnahmen).

Das höhere Bruttoregionalprodukt basiert grundlegend auf vier Säulen: 1) zusätzliche Investitionen seitens der Braucommune Freistadt, gestützt durch die öffentliche Förderung; 2) geringere Energieimporte aufgrund der energetischen Umstellung in der Brauerei, wodurch die Leistungsbilanz der oö. Volkswirtschaft verbessert wird; 3) Generierung zusätzlicher Wertschöpfung durch die regionale Erzeugung von Energie sowie der Bereitstellung von Rohstoffen zur Energieerzeugung aufgrund der Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger und 4) zusätzliche Investitionen, zusätzliche Exporte, zusätzlicher nicht-energetischer Konsum sowie positive Beschäftigungseffekte aufgrund der positiven Wertschöpfungseffekte aus 1) bis 3).

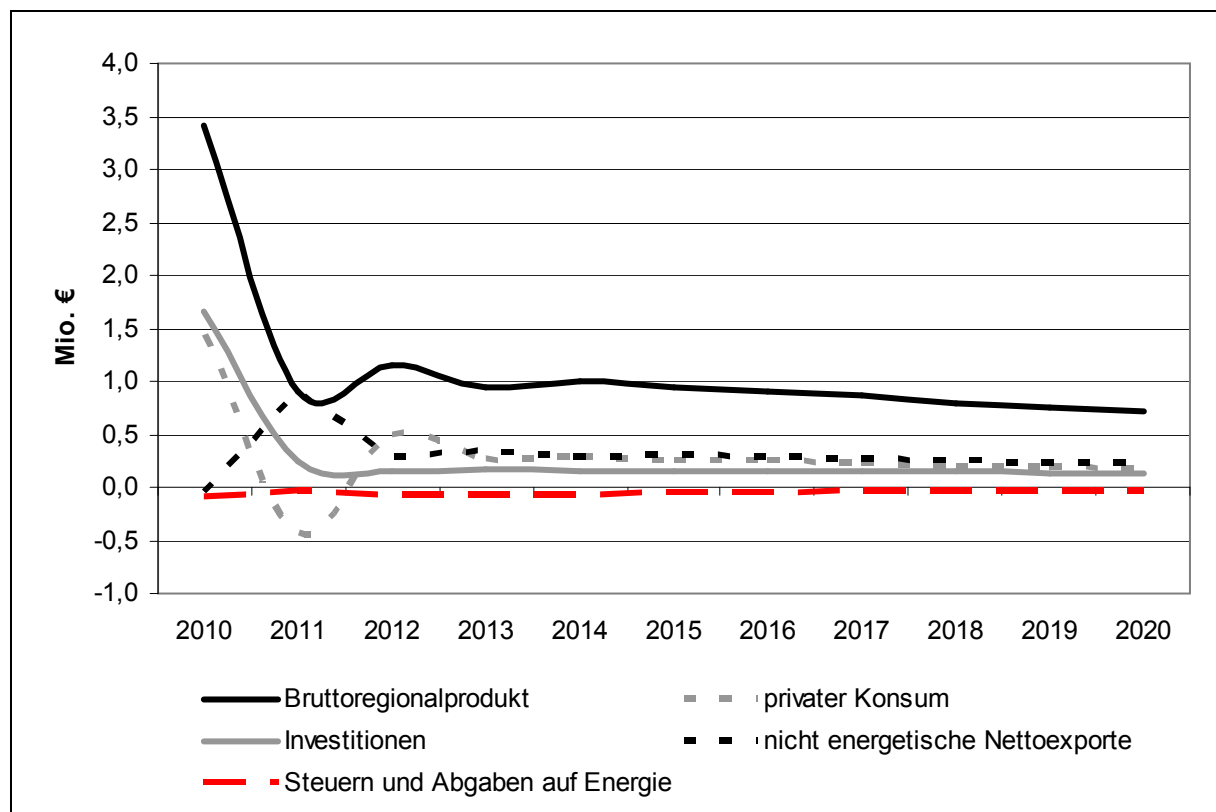
Im Jahr 2010 entstehen durch die zuvor erläuterten positiven Auswirkungen für die gesamte oberösterreichische Volkswirtschaft etwa 31 zusätzliche Arbeitsplätze, wodurch per se wiederum eine zusätzliche Wertschöpfung generiert wird. Trotz der direkten Zunahme der nicht-energetischen Importe aufgrund eines signifikanten Anteils der ausländischen Wertschöpfung an der Technologieumstellung im Jahr 2010 erhöhen sich bereits ab dem Jahr 2011 die nicht-energetischen Nettoexporte aufgrund der generell positiven Wirtschaftsentwicklung.

Die Analyse beinhaltet die Annahme, dass die getätigte Investitionsförderung der öffentlichen Hand im Ausmaß von 30% der Investitionssumme (ca. 0,22 Mio. €) zur Unterstützung und Realisierung der Systemumstellung keine Reaktionen der öffentlichen Hand im Sinne einer zusätzlichen Anpassung von öffentlichen Einnahmen und/oder öffentlichen Ausgaben generiert. So etwa sind die Verluste an Steuern und Abgaben auf Energie im Jahr 2020 auf etwa 0,09 Mio. € zu beziffern; Dem ist entgegenzusetzen, dass der zusätzliche nicht-energetische Konsum im Jahr 2010 in etwa 0,3 Mio. € an zusätzlichen Mehrwertsteuereinnahmen und die

zusätzlichen Beschäftigungsverhältnisse im Jahr 2010 ca. 0,9 Mio. € an zusätzlichen Steuern und Abgaben für die öffentliche Hand generieren. Alle übrigen Auswirkungen auf Steuern und Abgaben sind nicht quantifizierbar. Als Saldo entsteht insgesamt keine Veränderung im öffentlichen Haushalt aufgrund dieser Maßnahme.

Die folgende Abbildung sowie die folgende Tabelle veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund der Technologieumstellung der Braucommune Freistadt.

Abbildung 25: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Biogaseinsatz



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Tabelle 12: Zentrale makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Biogaseinsatz

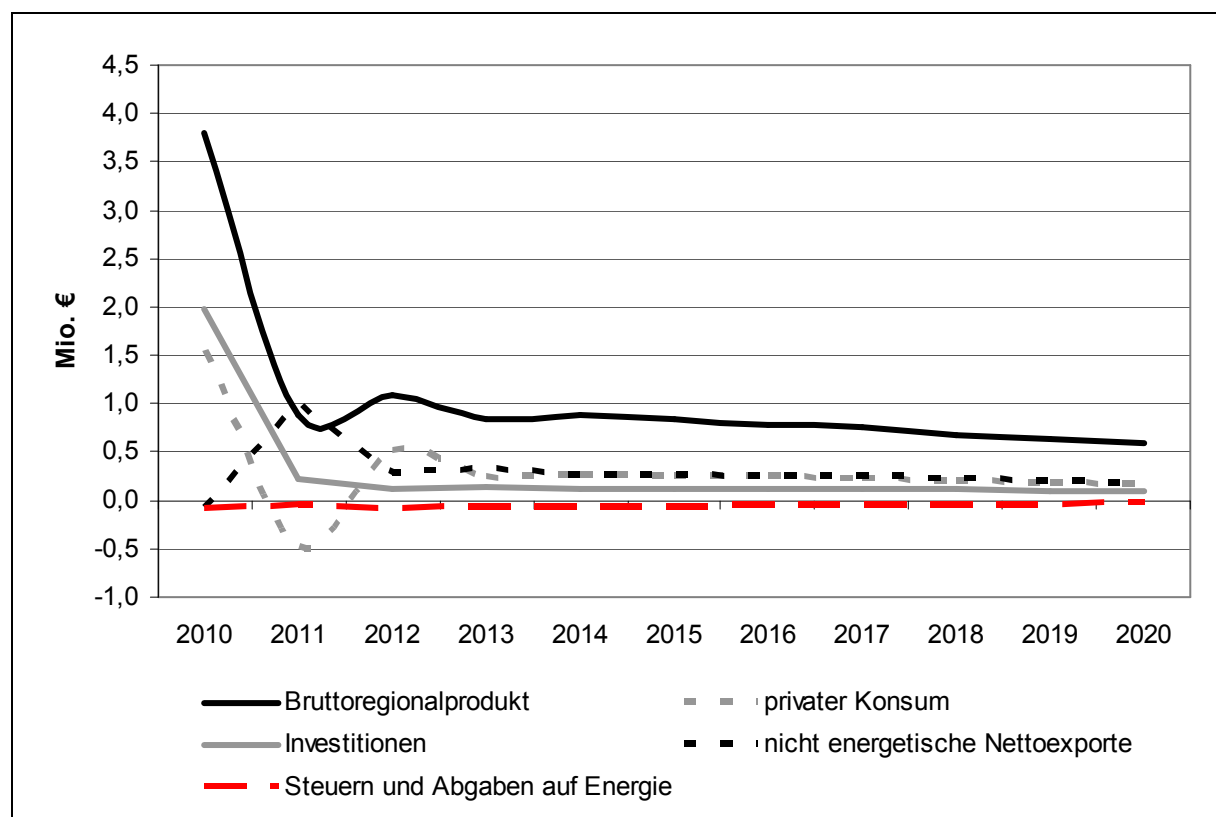
Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der oberösterreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoregionalprodukt (Mio. €)	3,42	0,91	1,16	0,94	1,00	0,95	0,90	0,86	0,80	0,76	0,71
Beschäftigte	31	6	5	4	5	5	4	5	5	5	5
Privater Konsum (Mio. €)	1,44	-0,43	0,49	0,26	0,28	0,25	0,25	0,22	0,19	0,18	0,17
Investitionen (Mio. €)	1,67	0,25	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-0,03	0,91	0,29	0,34	0,28	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-0,09	-0,03	-0,08	-0,07	-0,07	-0,06	-0,05	-0,05	-0,04	-0,03	-0,03

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Anmerkung: Die erläuterten Ergebnisse sind als Veränderungen aufgrund der Maßnahmen in Relation zu einer Situation ohne der Umsetzung der Maßnahmen (business-as-usual) zu betrachten. Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch Realisierung von Rücklagen durchgeführt.

Im Folgenden wird analysiert, inwiefern sich die volkswirtschaftlichen Auswirkungen verändern, wenn (im Gegensatz zum vorigen Szenario) keine Biogasnutzung erfolgt. Die Effekte sind in etwa ident mit dem obigen Szenario. Da allerdings die obig analysierte Umstellung inklusive der Biogasnutzung auch einen höheren Stromverbrauch impliziert, generiert das Szenario ohne Biogasnutzung auch in Relation leicht erhöhte Wertschöpfungseffekte in der oberösterreichischen Volkswirtschaft mit einem Wirtschaftswachstum von +3,8 Mio. € und 33 zusätzlichen Beschäftigten. Die folgende Abbildung sowie die folgende Tabelle veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund der Technologieumstellung der Braucommune Freistadt ohne Biogasnutzung.

Abbildung 26: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Biogaseinsatz



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Tabelle 13: makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks ohne Biogaseinsatz

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der oberösterreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoregionalprodukt (Mio. €)	3,79	0,89	1,09	0,83	0,88	0,84	0,78	0,75	0,68	0,64	0,59
Beschäftigte	33	6	4	3	4	4	3	4	4	4	4
Privater Konsum (Mio. €)	1,54	-0,48	0,51	0,25	0,27	0,25	0,24	0,21	0,19	0,18	0,16
Investitionen (Mio. €)	1,99	0,23	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10
Nicht-energetische Nettoex- porte (Mio. €)	-0,08	1,00	0,28	0,32	0,25	0,26	0,25	0,23	0,22	0,20	0,18
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	-0,09	-0,04	-0,09	-0,07	-0,07	-0,07	-0,06	-0,05	-0,05	-0,04	-0,03

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Anmerkung: Die erläuterten Ergebnisse sind als Veränderungen aufgrund der Maßnahmen in Relation zu einer Situation ohne der Umsetzung der Maßnahmen (business-as-usual) zu betrachten. Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch Realisierung von Rücklagen durchgeführt.

2.7.3 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Technologieumstellung inklusive einer zusätzlichen Wärmeversorgung für die Freistädter Altstadt

Im folgenden Kapitel werden die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Technologieumstellung der Braucommune inklusive einer zusätzlichen Wärmenutzung für die Freistädter Altstadt analysiert. Die eigentliche Systemumstellung der Braucommune Freistadt hinsichtlich Technologieanwendung und Energieversorgung bzw. -produktion sowie die simultane Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt durch die Braucommune wurden bereits in den vorangestellten Kapiteln ausführlich erörtert, sodass für die Inhalte der Maßnahmen auf diese Kapitel verwiesen wird. Die zentralen Annahmen sowie die methodische Vorgehensweise entsprechen der volkswirtschaftlichen Analyse des vorangegangenen Kapitels, sodass in dieser Hinsicht darauf verwiesen wird.

Die inhaltliche Differenz zur Analyse der isolierten Systemumstellung liegt darin, dass nun eine Nutzung der Wärmeproduktion in der Braucommune Freistadt für die Altstadt von Freistadt bewertet wird. Dies impliziert für das Jahr 2010 zusätzliche notwendige Investitionen und dadurch auch eine Ausweitung der Investitionsförderung sowie eine Umstellung von privaten Haushalten in Freistadt von einer fossilen Raumwärmeversorgung (Heizöl extra-leicht und Erdgas) zu einer erneuerbaren Energieversorgung (Hackgut).

Die Technologie- und Energieumstellung der Braucommune Freistadt sowie die zusätzliche Raumwärmeversorgung der Altstadt generiert in der gesamten Beobachtungsperiode von 2010 bis 2020 ein positives Wirtschaftswachstum. Der höchste Zuwachs wird im Jahr 2010 mit zusätzlichen 19,7 Mio. € für das oberösterreichische Bruttoregionalprodukt verzeichnet, da in diesem Jahr die eigentliche Umstellung realisiert wird und somit die direkten Investitionssummen fließen. Im Jahr 2020 wird unter Berücksichtigung aller Zweitrundeneffekte ein höheres Bruttoregionalprodukt im Ausmaß von 1,7 Mio. € verzeichnet (im Vergleich zu einer Situation ohne einer Umsetzung dieser Maßnahmen).

Das höhere Bruttoregionalprodukt basiert grundlegend auf vier Säulen: 1) zusätzliche Investitionen seitens der Braucommune Freistadt, gestützt durch die öffentliche Förderung; 2) geringere Energieimporte aufgrund der energetischen Umstellung in der Brauerei sowie der Umstellung der Raumwärmeversorgung der Altstadt, wodurch die Leistungsbilanz der öö. Volkswirtschaft verbessert wird; 3) Generierung zusätzlicher Wertschöpfung durch die regionale Erzeugung von Energie sowie der Bereitstellung von Rohstoffen zur Energieerzeugung aufgrund der Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger und 4) zusätzliche Investitionen, zusätzliche Exporte, zusätzlicher nicht-energetischer Konsum sowie positive Beschäftigungseffekte aufgrund der positiven Wertschöpfungseffekte aus 1) bis 3).

Im Jahr 2010 entstehen durch die zuvor erläuterten positiven Auswirkungen für die gesamte oberösterreichische Volkswirtschaft etwa 140 zusätzliche Arbeitsplätze, wodurch per se wiederum eine zusätzliche Wertschöpfung generiert wird. Trotz der direkten Zunahme der nicht-energetischen Importe aufgrund des signifikanten Anteils der ausländischen Wertschöpfung an der Technologieumstellung im Jahr 2010 erhöhen sich bereits ab dem Jahr 2011 die nicht-energetischen Nettoexporte aufgrund der generell positiven Wirtschaftsentwicklung.

Die Analyse beinhaltet die Annahme, dass die getätigte Investitionsförderung der öffentlichen Hand im Ausmaß von 30% der Investitionssumme (ca. 2,25 Mio. €) zur Unterstützung und Realisierung der Systemumstellung keine Reaktionen der öffentlichen Hand im Sinne einer zusätzlichen Anpassung von öffentlichen Einnahmen und/oder öffentlichen Ausgaben generiert. So sind etwa die Verluste an Steuern und Abgaben auf Energie im Jahr 2020 auf etwa 0,09 Mio. € zu beziffern; Dem ist entgegenzusetzen, dass der zusätzliche nicht-energetische Konsum im Jahr 2010 in etwa 1,05 Mio. € an zusätzlichen Mehrwertsteuereinnahmen und die zusätzlichen Beschäftigungsverhältnisse im Jahr 2010 ca. 4,2 Mio. € an zusätzlichen Steuern und Abgaben für die öffentliche Hand generiert. Alle übrigen Auswirkungen auf Steuern und Abgaben sind nicht quantifizierbar. Als Saldo entsteht insgesamt eine positive Veränderung im öffentlichen Haushalt aufgrund dieser Maßnahme.

Die folgende Abbildung sowie die folgende Tabelle veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund der Technologieumstellung der Braucommune Freistadt inklusive einer zusätzlichen Wärmenutzung für die Freistädter Altstadt.

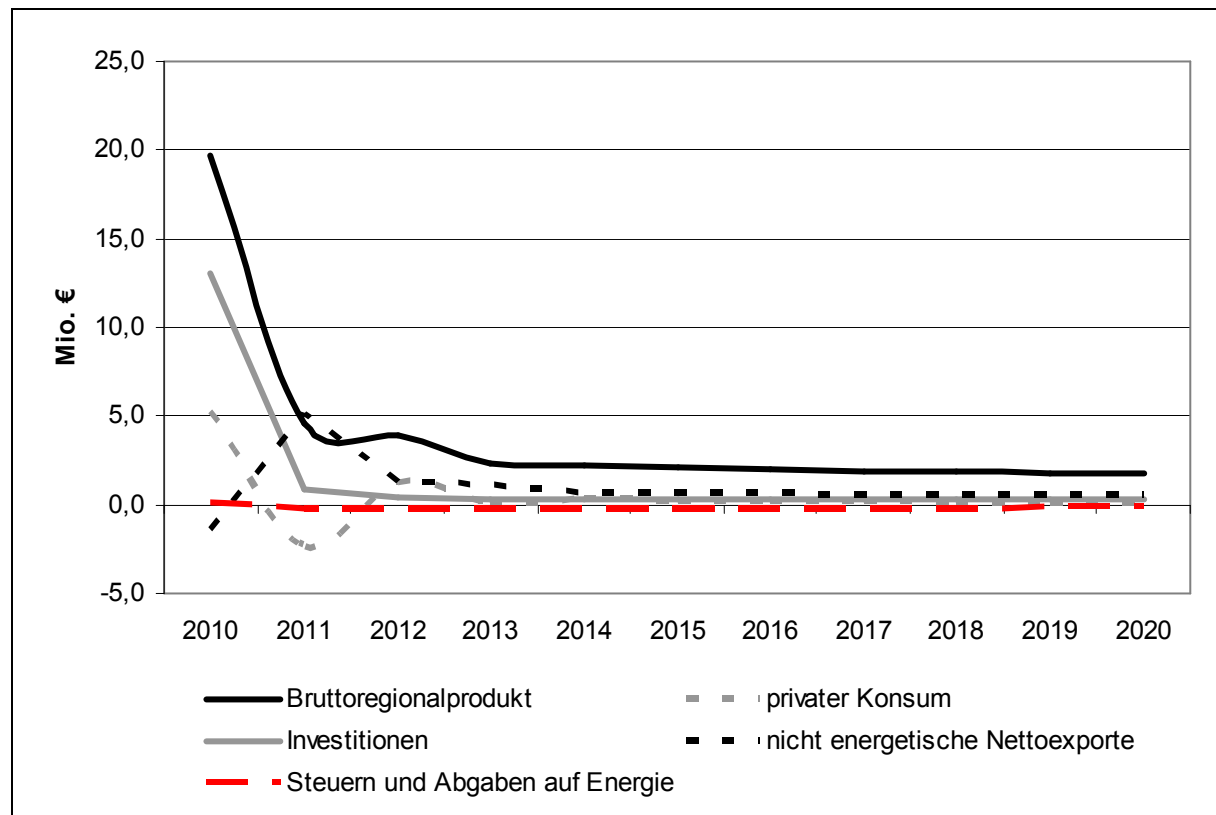
Tabelle 14: Zentrale makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der oberösterreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoregionalprodukt (Mio. €)	19,68	4,57	3,89	2,32	2,20	2,05	1,97	1,92	1,85	1,79	1,74
Beschäftigte	143	20	10	5	8	9	8	9	9	9	9
Privater Konsum (Mio. €)	5,27	-2,39	1,17	0,02	0,25	0,17	0,17	0,14	0,11	0,10	0,08
Investitionen (Mio. €)	13,03	0,85	0,45	0,31	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-1,37	5,19	1,34	1,09	0,69	0,65	0,61	0,58	0,56	0,54	0,52
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	0,09	-0,28	-0,21	-0,25	-0,24	-0,23	-0,22	-0,21	-0,21	-0,20	-0,20

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Anmerkung: Die erläuterten Ergebnisse sind als Veränderungen aufgrund der Maßnahmen in Relation zu einer Situation ohne der Umsetzung der Maßnahmen (business-as-usual) zu betrachten. Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch Realisierung von Rücklagen durchgeführt.

Abbildung 27: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Anmerkung: Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch Realisierung von Rücklagen durchgeführt.

Die folgende Analyse ist ident mit dem voranstehenden Szenario, allerdings wird nun die Annahme getroffen, dass die zusätzlichen Investitionen der Braucommune durch eine Kreditaufnahme finanziert werden. Somit sind die positiven Auswirkungen ab dem Jahr 2011 betrachtet relativ reduziert, wenngleich der Finanzsektor in Relation eine höhere Wertschöpfung generieren kann.

Die folgende Abbildung sowie die folgende Tabelle veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund der Technologieumstellung der Braucommune Freistadt inklusive einer zusätzlichen Wärmenutzung für die Freistädter Altstadt, allerdings auf Basis einer Kreditfinanzierung.

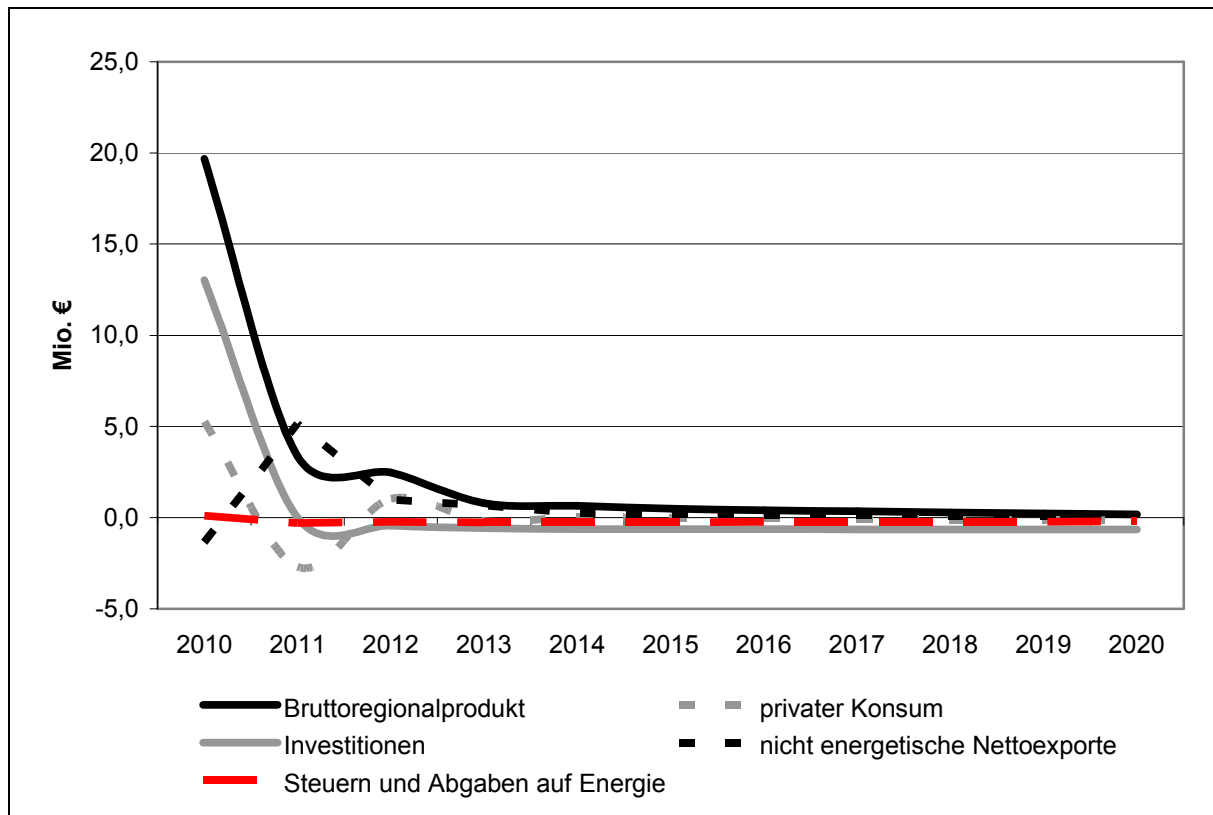
Tabelle 15: Zentrale makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt (Finanzierung durch Kreditaufnahme)

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der oberösterreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoregionalprodukt (Mio. €)	19,68	3,36	2,47	0,78	0,64	0,48	0,4	0,35	0,28	0,22	0,17
Beschäftigte	143	12	0	-4	0	0	-1	0	0	-1	-1
Privater Konsum (Mio. €)	5,27	-2,7	1,02	-0,21	0,04	-0,05	-0,05	-0,08	-0,11	-0,13	-0,15
Investitionen (Mio. €)	13,03	-0,01	-0,44	-0,59	-0,63	-0,64	-0,65	-0,65	-0,66	-0,66	-0,67
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-1,37	5,13	0,97	0,66	0,23	0,18	0,14	0,12	0,10	0,08	0,06
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	0,09	-0,31	-0,23	-0,27	-0,26	-0,25	-0,25	-0,24	-0,24	-0,23	-0,22

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Anmerkung: Die erläuterten Ergebnisse sind als Veränderungen aufgrund der Maßnahmen in Relation zu einer Situation ohne der Umsetzung der Maßnahmen (business-as-usual) zu betrachten. Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch eine Kreditaufnahme durchgeführt.

Abbildung 28: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt (Finanzierung durch Kreditaufnahme)



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Anmerkung: Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch eine Kreditaufnahme durchgeführt.

Im folgenden Szenario wird nun analysiert, welche volkswirtschaftlichen Auswirkungen durch die Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt entstehen, wenn keinerlei fossile Energieträger eingesetzt werden. Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch Realisierung von Rücklagen durchgeführt.

Die Auswirkungen sind fast ident mit den obigen Szenarien. Die positiven Effekte sind deshalb leicht geringer ausgeprägt als in den obigen Szenarien, da die zusätzlichen Investitionen in die Systemumstellung niedriger sind – dies kann auch durch die geringeren Energieimporte nicht zur Gänze kompensiert werden.

Die folgende Abbildung sowie die folgende Tabelle veranschaulichen nochmals die zentralen volkswirtschaftlichen Auswirkungen aufgrund der Technologieumstellung der Braucommune Freistadt inklusive einer zusätzlichen Wärmenutzung für die Freistädter Altstadt.

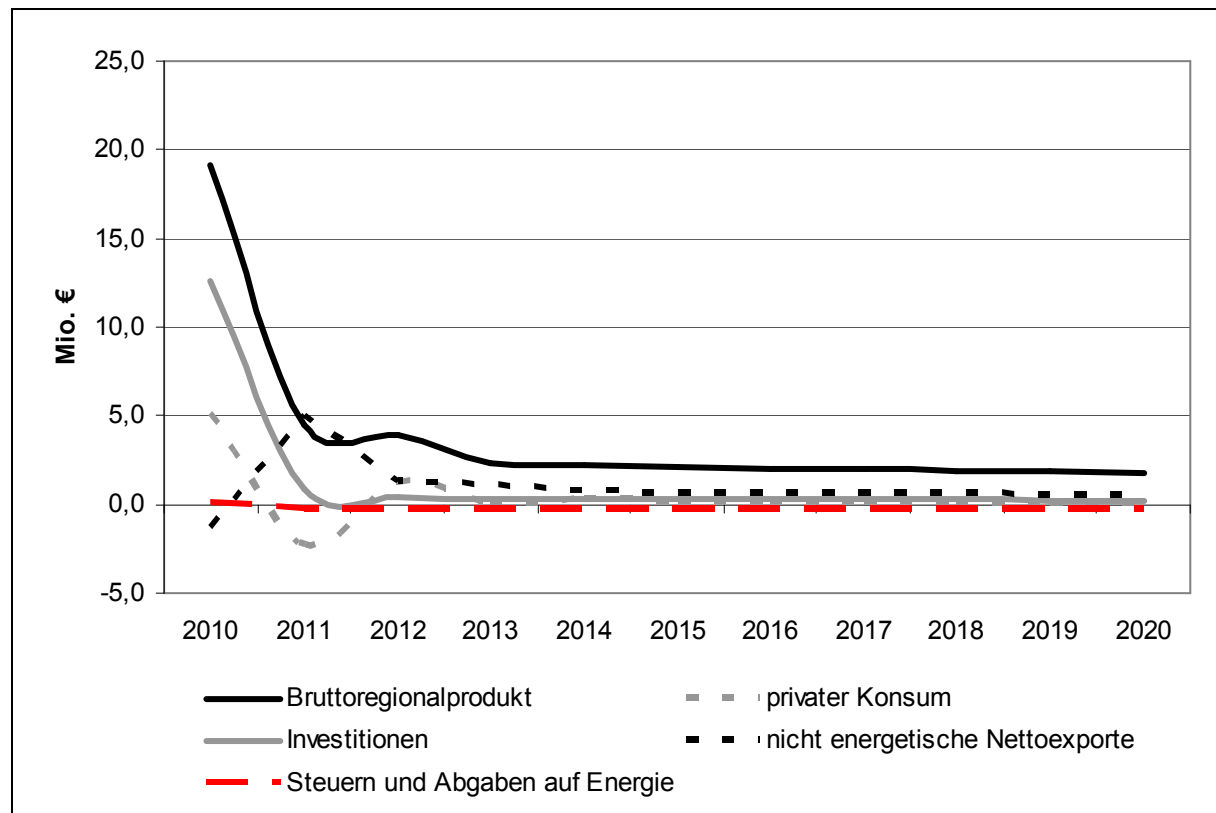
Tabelle 16: Zentrale makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt ohne dem Einsatz fossiler Energieträger

Variablen	Auswirkungen aufgrund der Realisierung der Maßnahme in der oberösterreichischen Volkswirtschaft in Relation zu einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bruttoregionalprodukt (Mio. €)	19,12	4,53	3,88	2,37	2,26	2,11	2,03	1,98	1,92	1,86	1,81
Beschäftigte	139	20	9	5	8	9	8	8	8	8	8
Privater Konsum (Mio. €)	5,12	-2,29	1,17	0,04	0,27	0,19	0,19	0,16	0,13	0,12	0,10
Investitionen (Mio. €)	12,59	0,82	0,44	0,31	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24
Nicht-energetische Nettoexporte (Mio. €)	-1,31	5,05	1,33	1,09	0,70	0,67	0,63	0,60	0,58	0,56	0,55
Steuern und Abgaben auf Energie (Mio. €)	0,06	-0,29	-0,23	-0,26	-0,25	-0,24	-0,24	-0,23	-0,23	-0,22	-0,21

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Anmerkung: Die erläuterten Ergebnisse sind als Veränderungen aufgrund der Maßnahmen in Relation zu einer Situation ohne der Umsetzung der Maßnahmen (business-as-usual) zu betrachten. Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch Realisierung von Rücklagen durchgeführt.

Abbildung 29: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt ohne dem Einsatz fossiler Energieträger



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Anmerkung: Die Finanzierung der Maßnahmen wird durch Realisierung von Rücklagen durchgeführt.

2.8 Beschreibung der eventuellen Schwierigkeiten bei der Erreichung der geplanten Ziele

Im Bezug auf die PNS ergaben sich Schwierigkeiten aufgrund der Energiebedarfe auf unterschiedlichen Temperaturniveaus und der ungenauen Angaben dieser. Für eine Szenarienbildung des diskontinuierlichen Brauereibetriebs war es erforderlich, eine typische Brauwoche in drei Perioden zu unterteilen. Da die Daten seitens der Brauerei nur monatlich verfügbar waren, mussten verschiedenen Annahmen getroffen werden, um diesen speziellen Lastbedarf ausreichend detailliert abbilden zu können. Hierzu wurden mit Hilfe von Daten aus der Literatur Berechnungen angestellt und die errechneten Werte in die PNS übernommen. In den Fällen, wo es an Daten mangelte, konnte in Folge dessen nur eine Abschätzung der Verbrauchssituation bzw. im Bereich der Abwärme des Nutzungspotenzials vorgenommen werden. Beispielsweise gibt es im Gegensatz zu den Stromverbrauchern in den einzelnen Produktionsbereichen der Brauerei keine Wärmeverbrauchsmessung. Der Neubau des Sudhauses, als wesentlicher Wärmeverbraucher, erschwerte zudem eine Prognose des zukünftigen Wärmebedarfs.

2.9 Beschreibung der „Highlights“ des Projektes

Als ein besonderes Highlight des Projektes lässt sich festhalten, dass die Szenarienbildung und daraus gefolgte ökonomische Bewertung gezeigt hat, dass eine gemeinsame Versorgung der Energiebedarfe von Brauerei und Altstadt von Freistadt als sehr sinnvoll zu beurteilen ist. Nicht nur aufgrund der Nähe des Betriebs zu den Häusern der Altstadt und der speziellen Besitzstruktur der Braucommune, sondern auch aufgrund der Lastverteilung mit einem hohen Raumwärmebedarf im Winter und Spitzenlasten der Brauereiproduktion im Sommer können die Technologien ausgewogen genutzt werden.

Des weiteren konnte gezeigt werden, dass bei einer Umsetzung der vorgeschlagenen Technologienetzwerke auch ein Entwicklungspotenzial in der Zukunft besteht, sollten andere Bereiche der Stadt, die außerhalb der Stadtmauern liegen, daran interessiert sein, ebenfalls durch die Braucommune mit Wärme versorgt zu werden. So kann mit einem gleichbleibenden Technologienetzwerk beispielsweise 10% zusätzliche Fernwärme bereit gestellt werden und diese zum Fernwärmepreis an Haushalte weitergegeben werden, was den Gewinn noch weiter steigern würde.

Sowohl in der Szenarienbildung mit Hilfe der PNS als auch mit der ökologischen Bewertung hat sich bestätigt, dass die momentane Prozessführung der Brauerei sowie die bisher selbständige Wärmebereitstellung innerhalb der Altstadt auf Dauer gesehen ökonomisch am schlechtesten abschneiden und ökologisch gesehen immer einen um ein Vielfaches höheren Druck aufweisen als alle anderen dargestellten Szenarien. Dieses Argument kann eine Umstellung des Technologienetzwerks nur vorantreiben, da es sich in beiderlei Hinsicht im großen Ausmaß rentiert.

Die Tauglichkeit der am IRUB entwickelten Methode wurde durch die Anwendung in diesem Projekt bestätigt. Durch zusätzliche GIS-Applikationen erfolgte eine weitere methodische Verfeinerung. Gemäß den Projektzielen wurde ein Weg für eine erneuerbare, nachhaltige und CO₂-neutrale Energieversorgung für die Brauerei selbst und – ausgehend von der Brauerei – das enorme Potenzial für die Versorgung der Stadt aufgezeigt.

Die umfassende Darstellung des Energiebedarfs der einzelnen Brauereiprozesse und die darauf aufbauende Energieeffizienzanalyse stellen mit unter ein „Highlight“ des Projekts dar. Weiters ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass die durchgeführte Energieeffizienzanalyse und die ökologische und ökonomische Analyse der gebildeten Szenarien den AkteurInnen als Basis für zukünftige Entscheidungen dienen können.

3 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Im Allgemeinen ist es aus Sicht einer ökonomischen Optimierung üblicher, eine Abschreibungsdauer auf drei bis fünf Jahre auszulegen. Wenn jedoch ökologische Aspekte in die Betrachtung mit einfließen, muss aufgrund der speziellen Situation die Abschreibungszeit auf 10 Jahre angehoben werden, so wie es in allen angeführten Szenarien der Fall war. In keinem der Szenarien wurden etwaige Förderungen berücksichtigt. Diese bestehen jedoch zum Beispiel bei Technologien wie der Biomasseverbrennung, bei der es zu Investitionsförderungen bis zu 30% kommen kann. Dies bedeutet, dass die Szenarien, die in diesem Projekt beschrieben werden, bei einer tatsächlichen Umsetzung bezüglich der Kosten noch besser aussteigen würden.

Da die Investitionskosten für Technologien, die erneuerbare Energieträger verwenden, deutlich höher liegen, als für jene, die mit fossilen Rohstoffen betrieben werden, steigt zu Beginn der Betrachtung das BAU Szenario hinsichtlich der Kosten am besten aus. Betrachtet man aber die jährlichen Gesamtkosten nach der zehnjährigen Abschreibungsdauer, so zeigt sich, dass sich die Kosten der zum BAU alternativen Szenarien zu einem Gewinn wandeln. Im BAU reduzieren sich die Gesamtkosten pro Jahr nach diesem Zeitraum jedoch kaum. Die Szenarienbildung hat daher klar gezeigt, dass ein Technologienetzwerk, das auf fossilen Energieträgern beruht, im ökonomischen Vergleich verliert und unter zusätzlicher Berücksichtigung des hohen ökologischen Drucks bei Überlegungen bezüglich einer Änderung des Energiesystems nicht in Frage kommen sollte.

Aus dem Vergleich der Szenarien mit und ohne Berücksichtigung der umliegenden Siedlungsbereiche kann eindeutig geschlussfolgert werden, dass eine Energieversorgung der Altstadt für die BrauinteressentInnen wirtschaftliche Vorteile bringt. Für die Versorgung der gesamten Altstadt kann die Brauerei nicht genügend Abwärme für den Betrieb eines Fernwärmesystems zur Verfügung stellen, da die Abwärmeleistung dementsprechend sinkt. Daraus resultiert eine neue Entscheidungssituation, die zu dem Ergebnis führt, dass zur Versorgung der Altstadt ein Heizwerk bzw. eine ORC-Anlage errichtet werden müsste, die zur Eigenversorgung der Brauerei nicht notwendig ist. Dies bedeutet, dass entweder eine auf den Brauprozess zugeschnittene Energieversorgung ohne Berücksichtigung der Altstadt zustande kommt oder die Braucommune sich ein weiteres Geschäftsfeld als Energieversorger eröffnet. Vorteile dieser Variante Energieversorger wären: (1) Zum Klimaschutz könnte durch eine ca. 75%ige CO₂-Reduktion im Vergleich zum derzeitigen Stand erheblich beigetragen werden. (2) Regionalökonomische Vorteile könnten erzielt werden. (3) Es ist ein betriebswirtschaftlich hoch profitabler Betrieb möglich. (4) Durch die spezielle EigentümerInnensituation der Brauerei fließt der Gewinn aus der Energieproduktion, d.h. der Verkaufserlös der Fernwärme, wieder direkt den BrauinteressentInnen zu. (5) Da die meisten Gebäude der Altstadt unter Denkmalschutz stehen, sind Energieeffizienzmaßnahmen nur eingeschränkt möglich, was die Wirtschaftlichkeit des Projektes langfristig garantiert.

Es ist daher klares Projektergebnis, dass die Verschränkung von Brauerei und Altstadt mittel- bis langfristig eine Win-Win-Situation für alle Beteiligten bringen würde. Die Veränderung des Unternehmensprofils ist auf der Ebene der Commune zu bewerten. Sollte eine Entscheidung für eine kleine Lösung (nur Brauerei alleine) fallen, so wäre eine Fernwärmeversorgung der Altstadt auch von einem anderen Standort aus möglich. Die Gründung einer „Energiecommune in Freistadt“ könnte auch auf einem Standort außerhalb der Brauerei durchgeführt werden, wenngleich dadurch die Synergieeffekte zwischen Brauerei und Altstadt verloren gehen würden.

Methodisch ist zu schlussfolgern, dass sich alle eingesetzten Methoden bewährt haben. Es ist aus dieser Sicht eine Multiplizierbarkeit der Methoden in Studien mit gleicher Zielstellung an anderen Standorten gewährleistet – mit situationsbedingt zusätzlichem Erhebungsaufwand sowohl was die jeweilige Energiesituation als auch die in Frage kommenden Technologienetze bedingt. Aus Sicht von Gemeindeentwicklung, Regionalökonomie, Umweltschutz und Klimaschutz ist zu resümieren, dass die Verschränkung der Energieversorgung von Betrieben, historischen Ortskernen und Siedlungsgebieten in Technologienetzen in engem räumlichen Kontext ein Routinethema von kommunalen Energiekonzepten werden sollte.

4 Ausblick und Verwertung der Ergebnisse

Dieses Projekt konnte zeigen, dass die Vernetzung von Industriebetrieben und Siedlungen im näheren Umfeld für die Energiegewinnung sehr sinnvoll sein kann. Weitergehender Forschungsbedarf ergibt sich nun, auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse derartige Synergien gezielt in anderen Entscheidungssituationen entstehen zu lassen und dies als Standardthema für die Raumplanung, die kommunale und regionale Energieplanung sowie die Betriebsansiedlungspolitik zu etablieren. Diesbezüglich kann dieser Forschungsbedarf zumindest teilweise in den Projekten PlanVision 818916 und INKOBÄ 821883 abgedeckt werden, in denen alle wissenschaftlichen Partner des Projektkonsortiums eingebunden sind.

Darüber hinaus lässt sich sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschungsbedarf dahingehend ableiten, welche flankierenden, bewusstseinsbildenden, legislativen und ökonomischen Maßnahmen zur breiten Implementierung der technisch, ökologisch und ökonomisch sinnvollen Verknüpfung von Industriebetrieben untereinander und mit umgebenden Siedlungsstrukturen zielführend sein können.

Die umfassende Darstellung des Energiebedarfs der einzelnen Brauereiprozesse und die darauf aufbauende Energieeffizienzanalyse als eines der Highlights des Projektes und die ökologische und ökonomische Analyse der gebildeten Szenarien können den AkteurInnen als Basis für zukünftige Entscheidungen dienen. Die Projektgruppe hat vor, ihre in diesem Projekt erworbene Erfahrung in weiteren betrieblichen und kommunalen Projekten zur Forcierung des effizienten Einsatzes erneuerbarer Energieträger einzusetzen und damit auch wirtschaftlichen Erfolg aus der Konzeption derartiger regionalökonomischer Szenarien mit möglichen Technologieumstellungen für alle beteiligten Akteure zu generieren.

Die Aufbereitung der Projektergebnisse erfolgt im Rahmen des Projektdesigns so, dass sie den involvierten AkteurInnen als Basis für die zukünftige Entscheidungsfindung dienen können. Die systematische Konzeption des Projekts macht die Ergebnisse neben den lokalen AkteurInnen auch beispielsweise für Energieagenturen, GemeindevertreterInnen, LA 21-Verantwortlichen, RegionalentwicklerInnen usw. interessant. Wie bereits erwähnt, können die Projektergebnisse den lokalen AkteurInnen als Basis für zukünftige Entscheidungen dienen. Anderen Interessensgruppen wie beispielsweise GemeindevertreterInnen aus anderen Gemeinden, LA-21 Verantwortliche oder RegionalentwicklerInnen können die Projektergebnisse bzw. die angewandte Methodik bei der Durchführung von ähnlichen Projekten unterstützen.

Das Projekt ermöglichte die Anwendung, Überprüfung und Weiterentwicklung einer am Institut für Raumplanung und ländliche Neuordnung entwickelten Methode. Diese erlaubt auf Basis einer Wärmebedarfserhebung und mithilfe eines Geoinformationssystems die Abgrenzung von Gebieten, in denen die Wärmeversorgung mit einer förderwürdigen Biomasse-Nahwärmanlage möglich ist. In einem weiteren Schritt erfolgte die Verknüpfung der Methode mit der Ermittlung des Ressourcen-Hinterlandes der Energieversorgung. Ziel war die Multiplizierbarkeit dieser Methode für andere Gemeinden zu erreichen – insbesondere für die

Neue Energien 2020 - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – managed by Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft



Erstellung von Machbarkeitsstudien in Bezug auf leitungsgebundene Energieversorgung. Die Ergebnisse werden in weiterer Folge in das Projekt „PlanVision“ (NE 2020 1. Ausschreibung, Projekt-Nr. 818.916) eingebracht.

5 Literaturverzeichnis

BEV - Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (2007): Digitales Luftbild der Stadtgemeinde Freistadt. Ausschnitt zur Verfügung gestellt von der Stadtgemeinde Freistadt.

BEV - Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (2008): Digitale Katastermappe der Stadtgemeinde Freistadt. Ausschnitt zur Verfügung gestellt von der Stadtgemeinde Freistadt.

BFW - Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, (n.b.): Ergebnisse der Österreichischen Waldinventur 2000 – 2002. Online im Internet: <http://web.bfw.ac.at/i7/Oewi.oewi0002bfi?geo=402&isopen=11>, Stand: 29.06.2009

Ebert H.-P. (2004): Heizen mit Holz – in allen Ofenarten. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 2004

EN ISO 14040 (1997): „Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework“, Genf

Fernheizwerk Freistadt regGenmbH (2008): Gescannte Karten über das bestehende und das geplante Fernwärmenetz.

Friedler F., Tarjan K., Huang Y. W., Fan L. T. (1992): Graph-Theoretic Approach to Process Synthesis: Axioms and Theorems, Chem. Engng Sci., 47, 1973-1988

Friedler F., Tarjan K., Huang Y. W., Fan L. T. (1992): Combinatorial Algorithms for Process Synthesis, Computers Chem. Engng, 16, 313-320

Friedler F., Tarjan K., Huang Y. W., Fan L. T. (1993): Graph-Theoretic Approach to Process Synthesis: Polynomial Algorithm for Maximal Structure Generation, Computers Chem. Engng, 17, 929-942

Friedler F., Varga J. B., Fan L. T. (1995): Decision-Mapping: A Tool for Consistent and Complete Decisions in Process Synthesis, Chem. Engng Sci., 50, 1755-1768

Forschung Planung Beratung (Hrsg.) (1997): Regionales Energiekonzept Freistadt. Teil A: Analyse. o.V., Wien.

Forschung Planung Beratung (Hrsg.) (1997): Regionales Energiekonzept Freistadt. Teil B: Maßnahmen. o.V., Wien.

Gwehenberger G., Narodoslawsky M. (2008): Sustainable processes—The challenge of the 21st century for chemical engineering, Process Safety and Environment Protection

Huppmann AG (2005): Effizienter Energieeinsatz im Sudhaus, Technische Dokumentation

IEC – Innovative Energy Centre (2009): Energiedatenerhebung im Rahmen des Energiespargemeinden-Programms (EGEM).

Ingenieurbüro Aigner (2009): Primärerhebungen zur Ergänzung der digitalen Katastermappe.

Kollmann A. (2009): Analyse der regionalökonomischen Auswirkungen der Sanierung von Einfamilienwohnhäusern der Bauperiode 1945-1980 in Oberösterreich unter Verwendung

des makroökonomischen Modells MOVE, Schriftenreihe des Energieinstitutes an der Johannes Kepler Universität Linz

Kommunalkredit - Kommunal Kredit – Public Consulting (n.b.): Umweltförderung im Inland – Biomasse-Nahwärme, Informationsblatt. Online im Internet: <http://www.public-consulting.at/blueline/upload/infoblattbiomassenahwaermeqm.pdf>, Stand: 29.06.2009

Krotscheck C. (1995): Prozessbewertung in der nachhaltigen Wirtschaft, Dissertation, Technischen Universität Graz

Mitter H. (2005): Versorgung mit Biomasse-Nahwärme als Planungsinhalt des Örtlichen Entwicklungskonzeptes am Beispiel St. Georgen am Walde/OÖ. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Mitter H., Stöglehner G. (2006): Internationale Erfahrungen bei der Umsetzung der ELK. Land & Raum, 4/2006, S. 10-13.

Mitter H., Stöglehner G. (2007): Nah- und Fernwärmeversorgung aus forstlicher Biomasse als Inhalt örtlicher Raumplanung in Österreich. In: UVP-Report 21-5|2007, S. 313-317. Hrsg.: UVP-Gesellschaft e.V., D-59073 Hamm.

Nagy A. B, Friedler F., Fan L. T. (1998): Combinatorial Acceleration of Separable Concave Programming for Process Synthesis, presented at the AIChE Annual Meeting, Miami Beach, FL, U.S.A., November 15-20

Narodoslawsky M., Krotscheck C. (1995): The sustainable process index (SPI): evaluating processes according to environmental compatibility. Journal of Hazardous Materials 41: 383-397

Narodoslawsky M., Niederl A. (2005): Renewable-Based Technology: Sustainability Assessment, Chapter 10, Ed: Dewulf, J.; van Langhove, H., John Wiley & Sons

Narodoslawsky M., Niederl A. (2005): Sustainable Process Index, Renewable-Based Technology: Sustainability Assessment, Chapter 10, Ed: Dewulf, J.; van Langhove, H., John Wiley & Sons

Niederl A., Halasz L., Nagy A. (2005): Sensitivity Analysis of Network Synthesis Models – the Case of Animal Residue Utilization Chemical Engineering Transactions, 7 (2), 489-494

Niederl A. (2005): Process Synthesis and Life Cycle Assessment – Tools for Sustainable Technology Development, Dissertation, Technische Universität Graz, Graz

Niederl-Schmidinger A., Narodoslawsky M. (2008): Life Cycle Assessment as an engineer's tool? J. of Cleaner Production, 16- 2, 245-252

OÖ Ferngas (2008): Gescannte Karten über das Gasnetz von Freistadt.

Preiner M., Zettler G. (2007): Der Einfluss kleiner, dezentraler und unabhängiger Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf die österreichische Energie- und Volkswirtschaft Band 16, der Schriftenreihe des Energieinstitutes der Johannes Kepleruniversität Linz

Sandholzer D. (2006): Ecological Evaluation of Processes from Renewable Resources, Dissertation, Technische Universität Graz, Graz

Schauer K. (1995): Ein nachhaltiges Energiesystem für Österreich. Dissertation am Institut für Verfahrenstechnik, Technische Universität Graz.

Stadtgemeinde Freistadt (2008): Gebäude- und Wohnregister. Auszug zur Verfügung gestellt im Dezember 2008.

Stöglehner G. (2003): Ecological footprint - a tool for assessing sustainable energy supplies. Journal of Cleaner Production, 11, 3, S. 267-277.

Stöglehner G., Mitter H. (2006): Examining Trading Areas and Sites of Biomass District Heating Systems as a Tool of Municipal Energy Planning. In: Schnitzer H., Jasch C.: Environmental Management Accounting and Cleaner Production, April 26 to 27, 2006, Graz; Book of Abstracts, S. 71; Verlag der Technischen Universität Graz

SUSTAIN (1994): Forschungs- und Entwicklungsbedarf für den Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich, Verein SUSTAIN zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit, c/o Institut für Verfahrenstechnik, Technische Universität Graz

VDI 2078 (2003): Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude, Technical report, Verein Deutscher Ingenieure

6 Anhang

6.1 Die Prozessnetzwerksynthese (PNS)

Die allgemeine Fragestellung der Optimierung einer Zielfunktion, etwa der Wertschöpfung, unter einschränkenden Randbedingungen ist als „Mathematical Programming“ in vielen wissenschaftlichen Disziplinen bekannt. Die Prozesstechnik als jene technische Wissenschaft, die Stoff- und Energieströme in Technologien zu Produktströmen umwandelt, hat diese allgemeine Fragestellung als „Prozess(netzwerk)synthese“ in ihr Forschungsgebiet integriert. Die Prozesssynthese ist seit den Anfangszeiten des Einsatzes von Computern in der Prozesstechnik ein wichtiger Forschungszweig dieser technischen Wissenschaft. Die Grundfragestellung der Prozesssynthese ist die, jenes Netzwerk aus Grundoperationen der Prozesstechnik zu finden, das bestimmte Rohstoffe in gewünschte Produkte überführt. Diese Fragestellung erfordert die Optimierung von Strukturen: Eine bestimmte Grundoperation ist entweder Teil der Lösung oder eben nicht. Gleichzeitig ist auch die Optimierung von kontinuierlichen Parametern, etwa den Stoffströmen in einer bestimmten Prozesseinheit, notwendig.

Im Laufe der Zeit haben sich sehr unterschiedliche Herangehensweisen für die Lösung dieser Grundfragestellung in der Prozesstechnik herauskristallisiert.

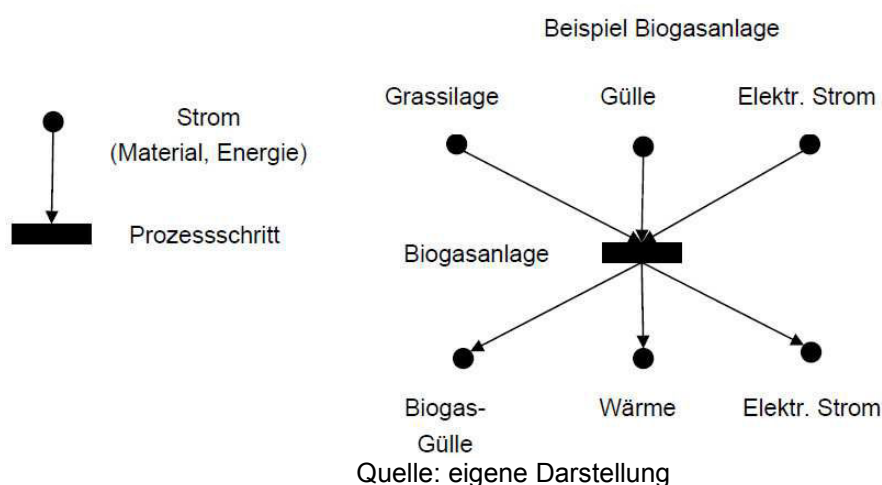
- *Heuristische Methoden* verwenden Erfahrungswerte mit unterschiedlichen Grundoperationen, um sinnvolle und optimale Prozessstrukturen zu entwickeln. Diese Methoden sind dann einsetzbar, wenn ausreichend Informationen über die verwendeten Technologien vorhanden sind. Zur Berücksichtigung von Einschränkungen bei den Ressourcen müssen sie jedoch mit anderen Optimierungsmethoden gekoppelt werden.
- *Thermodynamische Methoden* verwenden thermodynamische Grundsätze (teilweise auch Grundsätze der Stoff- und Energiebilanzierung) um Prozessstrukturen zu optimieren. Zu dieser Gruppe zählen unter anderem auch die sogenannten „Pinch“-Methoden, deren Einsatz die Optimierung von Wärmeaustausch-Systemen in der Prozesstechnik revolutioniert hat. Der Einsatz dieser Methoden ist daran gebunden, dass die betrachteten Prozesseinheiten hauptsächlich durch thermodynamische Gesetzmäßigkeiten (etwa den Wärmeaustausch) bestimmt sind oder eine dominante Stoffklasse verarbeiten (wie etwa in der Abwassertechnik).
- *Nonlinear mixed integer programming Methoden (NLMIP)* verwenden mathematische Modelle der einzelnen Prozessschritte, um in einer umfassenden beschränkten Optimierung auf die optimale Prozessstruktur zu gelangen. Diese Methoden sind mathematisch aufwendig, erlauben aber die Optimierung von Prozessparametern gleichzeitig mit der Prozessstruktur. Sie erfordern ausreichend genaue Modelle zur Simulation der entsprechenden Prozessschritte, ebenso wie ausreichende Rechenkapazität.

- **Kombinatorische Methoden** greifen auf mathematische Theoreme aus der Lehre von den Graphen zurück und verwenden kombinatorische Regeln zum Aufbau von Prozessstrukturen. Diese Methoden garantieren auf der einen Seite, dass die globaloptimale Struktur gefunden wird (alle anderen Methoden können auch in „regionale“ Optima laufen ohne das globale Optimum zu erkennen), auf der anderen Seite reichen globale Stoff- und Energieflussinformationen, sowie wirtschaftliche Globalinformationen (wie Invest- und Betriebskosten) der einzelnen Prozessschritte zur Generierung des optimalen Prozesssystems aus.

Für die in FB-VISION 2020 gestellte Aufgabe sind daher kombinatorische Methoden am besten geeignet: Sie führen sicher zum Optimum und erfordern Informationen, die für die meisten Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe in ausreichender Qualität verfügbar sind. Darüber hinaus können Beschränkungen und Konkurrenzen im Rohstoffbereich einfach in das Modell eingearbeitet werden. Ausgangspunkt der Prozesssynthese im vorliegenden Projekt ist die „P-Graph Methode“²⁰. Diese Methode stellt jeden Prozess durch Graphen dar.

In der Darstellung des P-Graphen repräsentieren Punkte bestimmte Ströme (etwa Ressourcen wie Elektrizität, Holz, Gras oder feuchte Maiskörner oder Produkte wie Strom, Pellets, Biogas oder trockene, lagerfähige Maiskörner). Balken repräsentieren Prozesse, etwa die Trocknung oder eine Biogasanlage. Jeder Prozessschritt ist daher durch einen Graphen gegeben, wobei der Fluss durch den Prozess durch die Richtung der Pfeile definiert ist. Aus diesen Darstellungen wird mit Hilfe der Graph-Theorie und einiger einfacher kombinatorischer Regeln zuerst die Menge aller möglichen Strukturen entwickelt, die sogenannte „Superstruktur“ oder „Maximalstruktur“. Durch diesen ersten Schritt der Entwicklung der Maximalstruktur gelingt eine sehr weit reichende Einengung des Suchraumes für die folgende Strukturoptimierung, ohne dabei die Struktur des globalen Optimums zu verlieren. Damit wird diese Methode auch rechentechnisch außerordentlich effizient.

Abbildung 30: Erklärung der Graphen in der P-Graph-Methode



²⁰ Die Grundlagen zu dieser Methode ist in folgenden Literaturstellen zusammengefasst: Friedler, F. et al 1992, 1993, 1995;

Ausgehend von der Maximalstruktur wird in einem nächsten Schritt mit Hilfe einer Optimierungsroutine jene Struktur (aus der nunmehr relativ geringen Zahl an Möglichkeiten) gefunden, die die Zielfunktion – im Falle von FB-Vision 2020 die Wertschöpfung – optimiert. Dabei werden entsprechende Restriktionen (etwa die Tatsache, dass ein und dieselbe Anbaufläche nur eine bestimmte Menge an landwirtschaftlichen Produkten pro Jahr hervorbringt und dass diese Produkte eben nur einmal verwendet werden können) und Anforderungen (etwa die Notwendigkeit, Wärme für eine bereits installierte Ortszentralheizung bereit zu stellen) in der Optimierung berücksichtigt. Die Massen- und Energiebilanzen stellen ebenfalls solche Restriktionen dar, die zwingend in der Optimierung eingehalten werden. Mit Hilfe dieser Methode ist es möglich, aus folgenden Informationen das optimale Technologie-Netzwerk für ein multifunktionales Energiezentrum zu erstellen:

- Die Ressourcenausstattung der Region, entweder gegeben als Flächenausstattung mit entsprechenden Rahmenbedingungen (Fruchtfolgen, Flächenbeschränkungen im Sinne von möglichen Feldfrüchten) oder als absolute Zahlen verfügbarer Ressourcen pro Jahr;
- Die vorhandene Infrastruktur (bestehende Anlagen wie Biomasseheizwerke, Biogasanlagen, Wärmenetze, etc.);
- Bestehende oder geplante Lastsituationen (Erweiterungen der Wärmenetze, zusätzliche AbnehmerInnen, mögliche Märkte für Agrarprodukte bzw. Veredelungsprodukte);
- Massen- und Energiebilanzen von Technologien zur Verwertung der anfallenden Agrarprodukte bzw. von Abfall- und Nebenprodukten aus den Technologien selbst und der Landwirtschaft;
- Investment- und Betriebskosten der Technologien, die zur Auswahl stehen;
- Kosten und Preise für Ressourcen, Produkte und Dienstleistungen, die in einem multifunktionalen Zentrum eingesetzt bzw. durch dieses Zentrum bereitgestellt werden.

Das in diesem Projekt verwendete Programm kann von der Web Site des Center for Advanced Process Optimization der Pannonia Universität Veszprem/ Ungarn unter <http://www.p-graph.com/> heruntergeladen werden.

6.2 Beschreibung der Methode des Sustainable Process Index (SPI)

Der Sustainable Process Index SPI²¹ ist ein ökologisches Bewertungstool aus der Familie des „Ökologischen Fußabdruckes“ und ist zu den in der Norm EN ISO 14040²² beschriebenen

²¹ Die Grundlagen des SPI können folgenden Arbeiten und Artikeln im Detail entnommen werden:

Krotscheck C. (1995)

Narodoslawsky, M.; Niederl A. (2005)

Niederl, A. (2005)

Niederl-Schmidinger A.; M. Narodoslawsky (2008)

²² EN ISO 14040, „Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework“, Genf, 1997

nen Vorgehensweisen der Lebenszyklus-Analysen (life cycle assessment, LCA) kompatibel. Der SPI aggregiert dabei die verschiedenen Umweltdrücke in eine Zahl. Diese Zahl entspricht der Fläche, die notwendig ist, um die Bereitstellung eines Produktes bzw. die Serviceeinheit nachhaltig in die Ökosphäre einzubetten. Der SPI ermöglicht dabei Vergleiche zwischen unterschiedlichen Technologien und insbesondere auch zwischen Prozessen auf der Basis fossiler und regenerativer Ressourcen.²³

Die Grundprinzipien für die nachhaltige Integration jeder menschlichen Aktivität in die Ökosphäre sind dabei die folgenden:

- Menschliche Aktivitäten dürfen weder die Qualität noch die Quantität der langfristigen Lager der natürlichen Stoffkreisläufe (etwa des Kohlenstoff- oder Stickstoffzyklus) verändern.
- Die durch den Menschen verursachten Materialflüsse in und aus den Umweltkompartimenten Luft und Wasser müssen in Qualität und Quantität im Bereich der natürlichen Schwankungsbreite liegen.
- Die Vielfalt der Arten, Landschaften und Lebensbereiche muss erhalten bleiben. Der SPI ist ein Werkzeug, um basierend auf diesen Grundprinzipien mit Hilfe von mathematischen Methoden und auf der Grundlage natürlicher Stoffflüsse und der Qualitäten der Umweltkompartimente folgendes zu bewerkstelligen:
 - Berechnung der Fläche, die für die nachhaltige Einbettung eines Prozesses in die Ökosphäre notwendig ist,
 - Identifikation jener Schritte im Prozess bzw. in der Prozesskette, die den stärksten Umweltdruck hervorrufen,
 - Identifikation der Stoffflüsse, die für diesen Umweltdruck verantwortlich sind (Ressourcen bzw. Emissionen),
 - Vergleich der „Flächenlast“ der Bereitstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung mit der, jedem von uns statistisch zustehenden „natürlichen“ Fläche (in Österreich etwa 6 ha²⁴).

Die Berechnung des SPI:

Der SPI wurde als Werkzeug für den ökologischen Vergleich von unterschiedlichen Prozessen entwickelt. Die Berechnung beginnt mit der Aufsummierung aller Flächen, die für die Erfüllung des betrachteten Prozesses notwendig sind.

$$A_{\text{tot}} = A_R + A_E + A_I + A_{\text{st}} + A_P$$

A_{tot} Gesamtfläche zur Einbettung des Prozesses

A_R Fläche zur Bereitstellung der Rohstoffe

A_E Fläche für die Bereitstellung der Energie

²³ SUSTAIN (1994)

²⁴ Krottscheck C. (1995)

A_I Fläche für Installationen (Infrastruktur, Gebäude, Maschinen)

A_{st} Fläche, die die Beschäftigten in Anspruch nehmen

A_P Fläche für die Produkt-Dissipation.

Der spezifische Einfluss eines Prozesses ergibt sich dann aus der Division der gesamten für die nachhaltige Einbettung des Prozesses in die Ökosphäre notwendigen Fläche A_{tot} durch die Anzahl der durch diesen Prozess „geleisteten“ Dienste, meist bezogen auf ein Jahr (n_s):

$$a_{tot} = A_{tot}/n_s$$

a_{tot} Spezifische Fläche pro Produkt/ Dienstleistung

Der eigentliche SPI ist dann das Verhältnis dieser Fläche zu der jedem Einwohner statistisch zustehenden Fläche:

$$SPI = a_{tot}/a_{in}$$

a_{in} (statistische) Fläche pro Einwohner

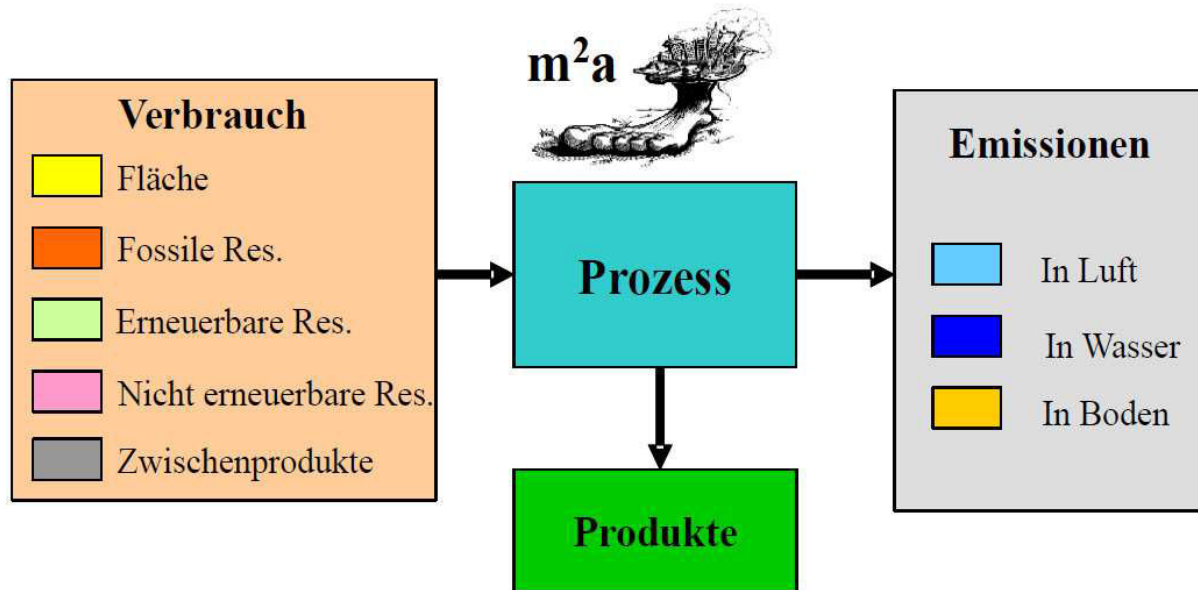
Da die statistisch jedem Einwohner zustehende Fläche schwer exakt zu bestimmen ist und je nach Bevölkerungsdichte regional und zeitlich schwankt, wird für Vergleiche meist nur die spezifische Fläche pro Produkt bzw. Dienstleistung a_{tot} angegeben. Der SPI eines Produktes, etwa einer kWh Wärmeenergie, beinhaltet auch alle Umweltdrücke der Vorketten. Dies bedeutet, dass beispielsweise der Fußabdruck einer kWh Wärmeenergie aus Holzpellets den ökologischen Druck der Forstwirtschaft, des Transportes des Holzes zur Verarbeitung und schlussendlich auch der Verarbeitung des Holzes zu Pellets beinhaltet.

Das Programm SPIONExcel

Für die oft recht umfangreichen Berechnungen wird das Programm SPIONExcel verwendet²⁵. Dieses Programm ist ein Modul für MS Excel und basiert auf der Programmiersprache Visual Basic for Applications, die Datenbanken sind im MS Access Format. Der SPI bzw. a_{tot} wird anhand der in den Datenbanken gespeicherten Daten einer umfassenden Stoff- und Energiebilanz (eco inventory) für ein Produkt berechnet. Es besteht die Möglichkeit, diese Datenbanken selbst zu erweitern. Das Programm zeigt auf, wie sich der berechnete Fußabdruck auf die einzelnen Abschnitte, Rohstoffbereitstellung, Transport, Energieversorgung und den Prozess selber verteilt. Es ermöglicht die Ermittlung des größten Einflussfaktors entlang der Prozesskette.

²⁵ Weiterführende Literatur: Sandholzer, D.: Ecological Evaluation of Processes from Renewable Resources, Dissertation, Technische Universität Graz, Graz, 2006

Abbildung 31: Ökologische Einflussfaktoren, die in die Berechnung des SPI im Programm SPionExcel zur Berechnung des ökologischen Fußabdrucks eines Produktes einfließen



Quelle: eigene Darstellung

Das Programm und die dazugehörigen Basisdatensätze können frei über das Internet unter <http://spionexcel.tugraz.at/> herunter geladen werden.

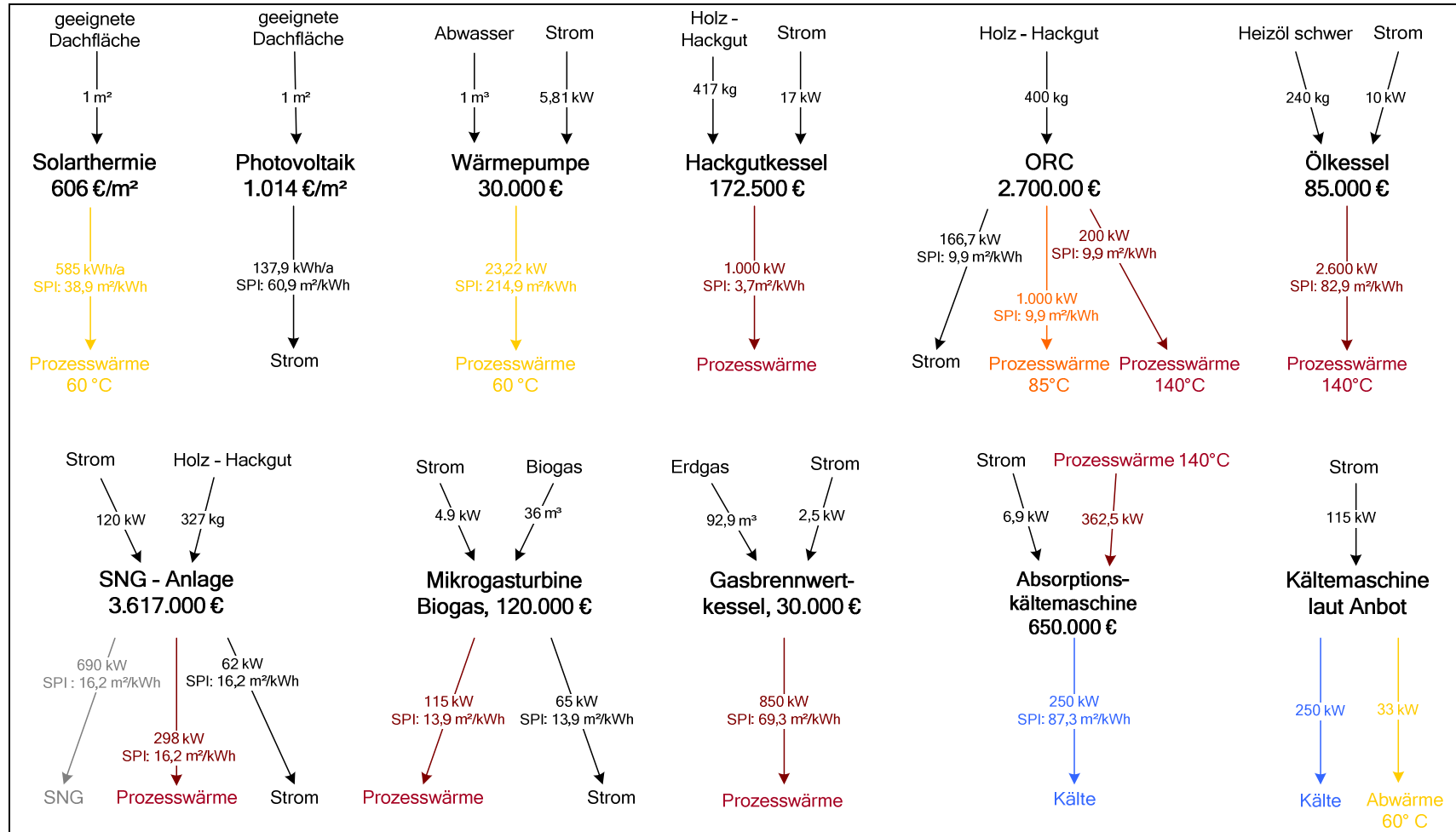
6.3 Eingangsparameter für die Prozesssynthese (PNS)

Tabelle 17: Rohstoffpreise für die Prozessnetzwerksynthese

Rohstoff	Preis	Einheit	Quelle	Anmerkung
				alle Preise verstehen sich exkl. MWSt
Hackschnitzel	60,4	€/t	Hackgutbörse http://www.hackgutboerse.at	Durchschnittspreis, Preis abhängig von Holzart, Feuchtigkeitsgehalt, Verarbeitungsgrad - ohne Lieferung
Biogas	0,24	€/m³	Biogas-Netzeinspeisung http://www.biogas-netzeinspeisung.at	eigene Berechnung unter Berücksichtigung der Situation in Freistadt, nicht aufbereitetes Biogas
Strom	0,11	€/kWh	Jahresabrechnung Braucommune Freistadt	Durchschnittswert aus Arbeitspreis, Netznutzungs- und Netzverlustentgelt
Erdgas (Industrie)	0,43	€/m³	EUROSTAT http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/	Erdgaspreis für industrielle Abnehmer, 2 nd Semester 2008
Erdgas (Heizzwecke)	0,063	€/kWh	EUROSTAT http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/	Erdgaspreis für Haushalte, 2 nd Semester 2008
Heizölpreis (Heizzwecke)	0,054	€/kWh	http://www.lagerhaus.at	Heizölpreis für Haushalte bei Abnahme von 3.000 Liter, aktualisiert KW 42 2008
Heizöl schwer	459,75	€/t	Statistik Austria	Gütereinsatzstatistik 2007

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 32: Input/Output Darstellung der Technologien inklusive Investitionskosten und SPI



Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 18: Eingangsdaten der PNS

Technology Units

Standards: 8000 h per year

10 years depreciation, 30 years depreciation for pipelines

	input unit name	output unit name	Invest (fix) [€] Unit	Capacity
cooling	115 kWh r_electricity	250 kWh p_cooling 33 kWh ip_60_wasteheat	laut Anbot € vertraulich	250 kW cold
absorption-cooling	362,5 kWh ip_140_heat 6,9 kWh r_electricity	250 kWh p_cooling	650.000 €	250 kW cold
heatpump	500 m³ r_wastewater 3,783 kWh r_electricity	13,04 kWh ip_60_heat	24.790 €	45,1 kW heat
PV south	5,4 m² r_roof_area	10 MWh/yr ip_pv_electricity	700 €/m²	
PV west	7,2 m² r_roof_area	10 MWh/yr ip_pv_electricity	700 €/m²	
Gasburner	91,9 kWh r_natural_gas	850 kWh ip_140_heat	30.000 €	850 kW heat
Oilfurnace	2,5 kWh r_electricity 240 kg r_oil 10 kWh r_electricity	2600 kWh ip_140_heat	85.000 €	2.600 kW heat
ORC	400 kg r_woodchips	167 kWh ip_orc_electricity 200 kWh ip_140_heat 1000 kWh ip_85_heat	2.700.000 €	1.200 kW heat
	800 kg r_woodchips	334 kWh ip_orc_electricity 400 kWh ip_140_heat 2000 kWh ip_85_heat	4.400.000 €	2.400 kW heat
	1600 kg r_woodchips	668 kWh ip_orc_electricity 800 kWh ip_140_heat 4000 kWh ip_85_heat	7.150.000 €	4.800 kW heat
heating woodchips	125,1 kg r_woodchips 9 kWh r_electricity	300 kWh ip_140_heat	220.000 €	300 kW heat
	417 kg r_woodchips 30 kWh r_electricity	1000 kWh ip_140_heat	510.000 €	1.000 kW heat
	834 kg r_woodchips 60 kWh r_electricity	2000 kWh ip_140_heat	828.500 €	2.000 kW heat
MGT biogas	36 m³ r_biogas	65 kWh ip_mgt_electricity	120000 €	115 kW heat
	5,1 kWh r_electricity	115 kWh ip_140_heat		
	72 m³ r_biogas	130 kWh ip_mgt_electricity	210000 €	230 kW heat
	10,2 kWh r_electricity	230 kWh ip_140_heat		
	108 r_biogas	195 kWh ip_mgt_electricity	300000 €	345 kW heat
	15,3 r_electricity	345 kWh ip_140_heat		
MGT natural gas	25 m³ r_natural_gas	65 kWh ip_mgt_electricity	120.000 €	65 kW
	4,9 kWh r_electricity	115 kWh ip_140_heat		electricity
SNG	327 kg r_woodchips	62 kWh ip_sng_electricity	3616640 €	988 kW
	120 kWh r_electricity	690 kWh p_sngas		heat
		298 kWh ip_85_heat		

Distribution and operational Units

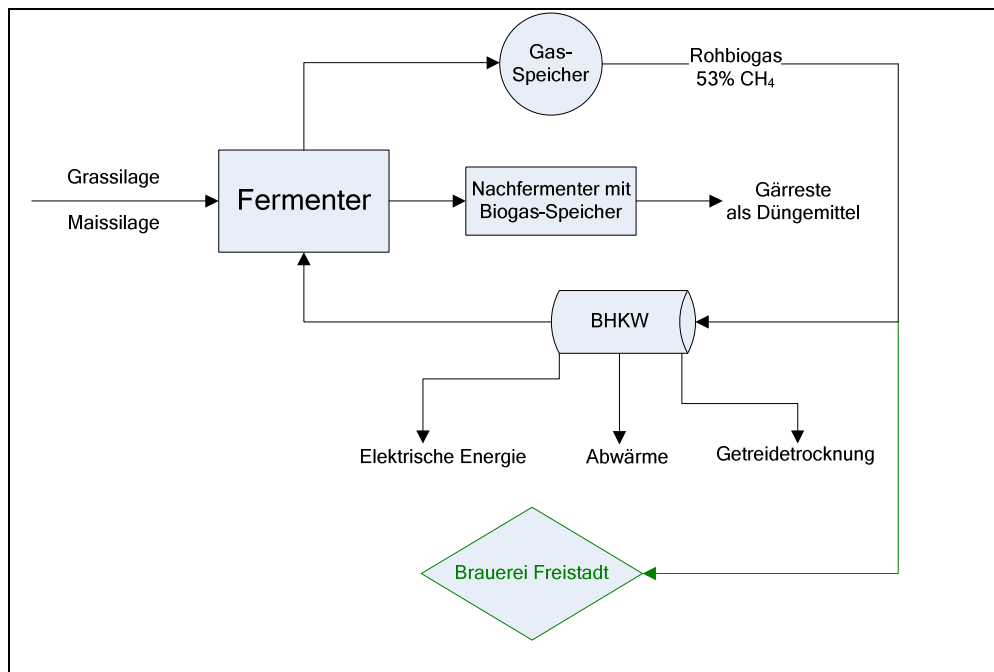
	input unit name	output unit name
heat conversion	1 kWh ip_140_heat 1 kWh ip_140_heat 1 kWh ip_85_heat	1 kWh ip_60_heat 1 kWh ip_85_heat 1 kWh ip_60_heat
room heating	1 kWh ip_60_heat	1 kWh p_roomheat
gasnetwork area district heating	1 kWh ip_85_heat	1 kWh p_gasdemand
district heating	1 kWh ip_heat_110	1 kWh ip_heat_85
beer production	1 kWh ip_140_heat	1 kWh p_beerprod
bottle washing	1 kWh ip_140_heat	1 kWh p_bottle_washing

Marketing Units

	input unit name	output unit name	Price Unit
orc electricity 2-5 MW	1 kWh ip_orc_electricity	1 kWh p_orc_electricity	149,3 €/MWh
mgt electricity bis 100 kW 100 bis 250 kW	1 kWh ip_mgt_electricity	1 kWh p_mgt_electricity	169,3 €/MWh 151,1 €/MWh
pv electricity	1 kWh ip_pv_electricity	1 kWh p_pv_electricity	299,8 €/MWh
sng electricity bis 2 MW	1 kWh ip_sng_electricity	1 kWh p_sng_electricity	156,3 €/MWh
district heat	1 MWh ip_85	1 MWh p_district_demand	58,3 €/MWh
Quelle der Einspeisetarife: Energie-Control GmbH, Februar 2009, Einspeisetarife für Ökostrom 2009 Eigene Darstellung der Eingangsparameter			

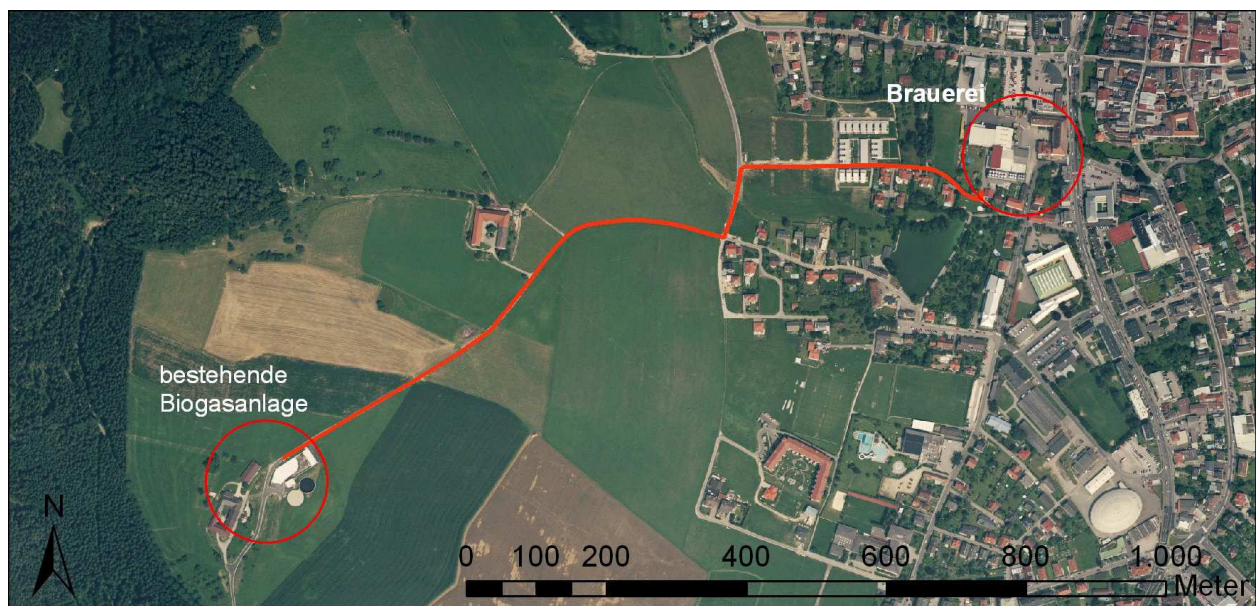
6.4 NAWARO – Biogasanlage Freistadt

Abbildung 33: Produktionsablauf der NAWARO-Anlage in Freistadt inklusiver potenzieller Nutzung des Biogases in der Brauerei



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 34: Darstellung der möglichen Leitungstrasse für den Transport des Biogases



Quelle: Stadtgemeinde Freistadt (Orthofoto) und eigene Darstellung

6.5 Verbrauchsdaten als Grundlage für die PNS-Eingabe

Tabelle 19: Verbrauchsdaten als Grundlage für die PNS-Eingabe

Raumwärme Brauerei [kWh] aus Angaben der Brauerei Freistadt und Literaturwerten				
	Gesamt	Mo-Mi	Do-Fr	Sa-So
Jan	78.616	33.693	22.462	22.462
Feb	64.427	27.612	18.408	18.408
Mar	53.892	23.097	15.398	15.398
Ap.	23.589	10.110	6.740	6.740
Mai	10.744	4.605	3.070	3.070
Jun	3.278	1.405	937	937
Jul	2.632	1.128	752	752
Aug	2.631	1.128	752	752
Sep	6.610	2.833	1.889	1.889
Okt	31.582	13.535	9.023	9.023
Nov	51.861	22.226	14.817	14.817
Dez	70.137	30.059	20.039	20.039
Ges	400.000	171.429	114.286	114.286

Brauereibetrieb inkl. Flaschenwaschanlage [kWh] aus Angaben der Brauerei Freistadt und Literaturwerten				
	Gesamt	Mo-Mi	Do-Fr	Sa-So
Jan	122.542	90.875	31.668	0
Feb	70.574	52.336	18.238	0
Mar	112.769	83.627	29.142	0
Apr	111.469	82.663	28.806	0
Mai	132.187	98.027	34.160	0
Jun	131.951	97.852	34.099	0
Jul	121.630	90.199	31.432	0
Aug	115.558	85.695	29.863	0
Sep	99.993	74.153	25.840	0
Okt	109.455	81.170	28.286	0
Nov	104.059	77.168	26.891	0
Dez	79.207	58.738	20.469	0
Ges	1.311.395	972.503	338.892	0

Kältebedarf Brauerei [kWh] aus Angaben der Brauerei Freistadt und Literaturwerten				
	Gesamt	Mo-Mi	Do-Fr	Sa-So
Jan	42.997	18.427	12.285	12.285
Feb	24.763	10.613	7.075	7.075
Mar	39.568	16.958	11.305	11.305
Apr	39.112	16.762	11.175	11.175
Mai	46.381	19.878	13.252	13.252
Jun	46.299	19.842	13.228	13.228
Jul	42.677	18.290	12.194	12.194
Aug	40.547	17.377	11.585	11.585
Sep	35.085	15.037	10.024	10.024
Okt	38.405	16.459	10.973	10.973
Nov	36.512	15.648	10.432	10.432
Dez	27.792	11.911	7.941	7.941
Ges	460.139	197.202	131.468	131.468

Wärmebedarf Freistadt Altstadt [MWh] Berechnungen des IRUB auf Basis der EGEM-Datenerhebung			
	Gesamt	Altstadt mit Gasanschluss	Altstadt ohne Gasanschluss
Jan	2.716	2.201	515
Feb	2.226	1.803	422
Mar	1.862	1.509	353
Apr	815	660	155
Mai	371	301	70
Jun	113	92	21
Jul	91	74	17
Aug	91	74	17
Sep	228	185	43
Okt	1.091	884	207
Nov	1.792	1.452	340
Dez	2.423	1.963	460
Ges	13.819	11.197	2.622

Quelle: eigene Berechnung auf Basis von Daten der Brauerei

6.6 Methodik der Volkswirtschaftlichen Analyse

Die volkswirtschaftlichen Analysen umfassen die Durchführung von dynamischen Simulationsanalysen, in der anhand der Anwendung des am Energieinstitut erstellten Simulationsmodells *MOVE* (*Modell zur Simulation der Oberösterreichischen Volkswirtschaft mit Schwerpunkt Energie*) die makroökonomischen Auswirkungen der Umsetzungen der Technologieumstellungen bewertet werden.

Das Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität entwickelte das Simulationsmodell *MOVE* für den oberösterreichischen Wirtschaftsraum. Mit diesem Modell können ökonomi-

sche Veränderungen sowie insbesondere auch Veränderungen am Energiemarkt detailliert analysiert werden. Das Simulationsmodell ist als makroökonomisches Zeitreihenmodell konzipiert, welches zusätzlich zur Modellierung von 13 verschiedenen Wirtschaftssektoren die Energieflüsse von 24 verschiedenen Energieträgern in Oberösterreich besonders beleuchtet. Jeder dieser Energieträger wird hinsichtlich des sektoralen Endenergieverbrauchs, der Produktion (bzw. der Erzeugung durch andere Energieträger), des Umwandlungseinsatzes in andere Energieträger, der Im- und Exporte sowie seines nichtenergetischen Endverbrauchs spezifisch analysiert. Zusätzlich zum umfassenden Schwerpunkt auf Energie ermöglicht das Simulationsmodell auch eine detaillierte Berechnung von Luftschadstoff-Emissionen wie Kohlendioxid und Schwefeldioxid im Energiebereich sowie die Berechnung der Veränderungen von spezifischen Steuern und Abgaben auf die konsumierten Energieträger. Das Modell enthält über 400 verschiedene simulierbare Variablen, sodass der oberösterreichische Wirtschaftsraum damit detailliert abgebildet wird.

Mit dem Modell MOVE ist die Möglichkeit zur seriösen wissenschaftlichen Abschätzung verschiedener ökonomisch-struktureller Veränderungen im oberösterreichischen Wirtschaftsraum, aber vor allem auch die Analyse von Auswirkungen von wirtschafts- und energiepolitischen Entscheidungen innerhalb eines regionalen Wirtschaftsraumes gegeben. Der Schwerpunkt auf Energie in seinen umfassenden Ausprägungen ermöglicht neue, umfassendere Analysen für verschiedenste Aspekte des heimischen Energiemarkts.

Grundsätzlich bedarf es zur Konstruktion eines regionalen makroökonomischen Modells einer differenzierteren Herangehensweise als bei Modellen auf nationaler Ebene. Dies liegt vor allem an der weniger stark ausgeprägten Verfügbarkeit von Zeitreihen auf regionaler Ebene, sodass sowohl andere ökonometrische Verfahrenstechniken, als auch modifizierte Schätzgleichungen zur Anwendung kommen müssen. Im mitteleuropäischen Raum existiert zurzeit kein verfügbares Regionalmodell im Detaillierungsgrad von MOVE mit einem explizit modellierten Energiesektor, sodass keine adäquaten Vergleichsmodelle vorliegen. MOVE kann jedoch auf das Know-how im Bereich Modellbildung des Energieinstituts an der Johannes Kepler Universität zurückgreifen. So wurde bereits für das deutsche Bundesland Berlin ein Regionalmodell im Auftrag der Investitionsbank Berlin (IBB) namens *Berlin Economic Simulation Tool - BEST* erstellt, in dem die ökonometrischen Schätzverfahren, die MOVE prägen, ebenfalls zur Anwendung kommen.

Das Modell beinhaltet 307 Gleichungen sowie 485 Variablen zur Durchführung der Simulationen. Der Schätzhorizont ist modifizierbar, ist jedoch für einen Zeithorizont von 1 bis 10 Jahren konzipiert.

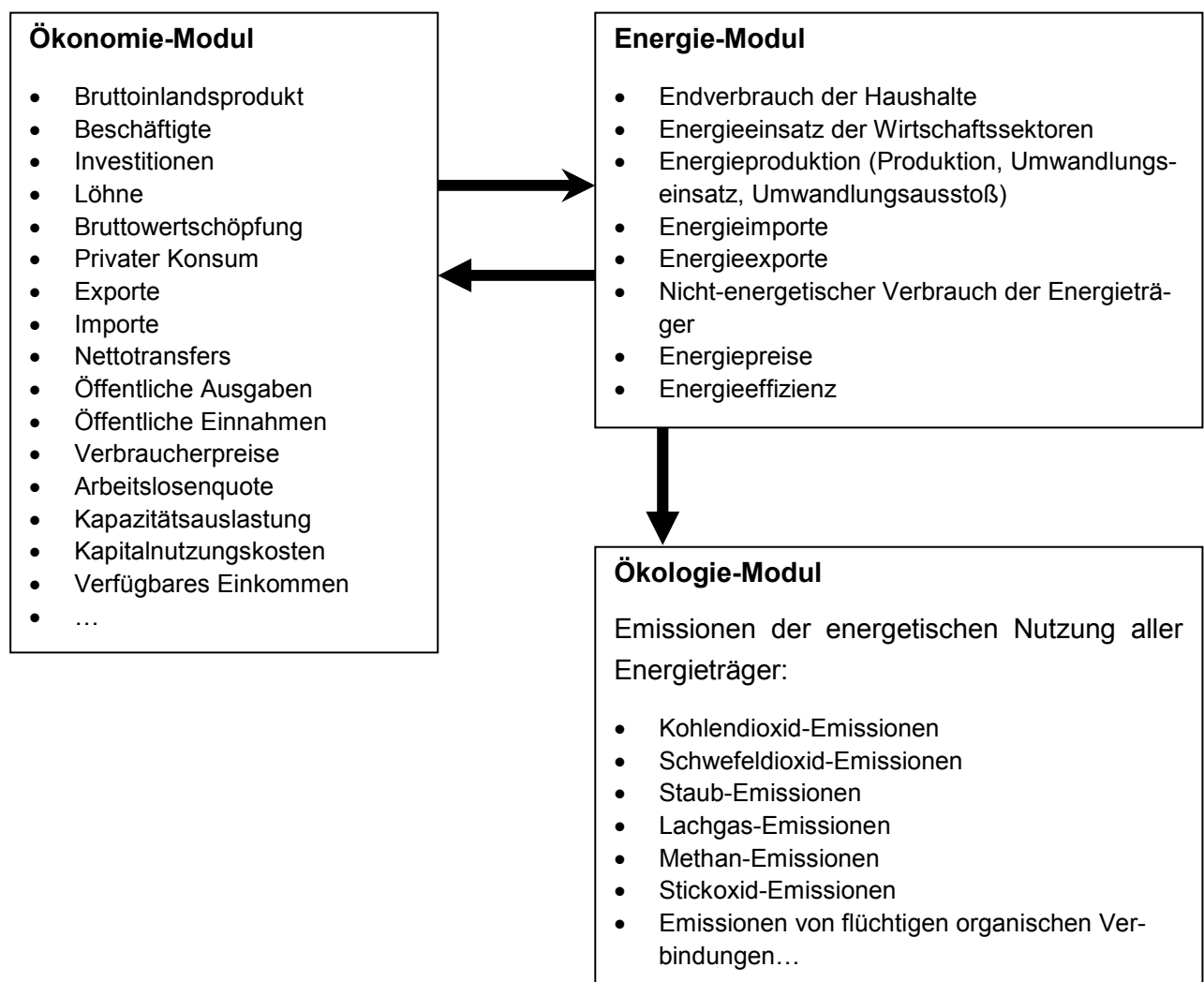
Tabelle 20: Eckdaten des Modells

Anzahl der Gleichungen:	307
Anzahl der Variablen:	485
Anzahl der modellierten Wirtschaftssektoren:	13
Anzahl der modellierten Energieträger:	24
Bevorzugter Schätzhorizont:	1-10 Jahre

Quelle: eigene Darstellung

Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Module des Simulationsmodells MOVE. Im Ökonomie-Teil können Auswirkungen für 13 verschiedene Sektoren dargestellt werden. Das Energie-Modul beinhaltet die umfassende Analyse von 24 Energieträgern, deren Emissionen schließlich im Ökologie-Modul abgebildet werden.

Abbildung 35: Übersicht zu den Modulen von MOVE



Quelle: eigene Darstellung

Der Schwerpunkt auf Energie beschränkt sich in MOVE nicht auf den privaten Endkonsum der Haushalte sowie den Energieverbrauch der verschiedenen Wirtschaftssektoren; es werden des weiteren auch die verschiedenen Energieströme zur Herstellung von Sekundärenergieträgern, die Produktion von Primärenergie oder Importe und Exporte von Energie nach und von Oberösterreich abgebildet. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick zu den in MOVE abgebildeten und somit auch simulierbaren Energieträgern. Dabei wird der Aggregationsgrad der Bundesländer-Energiebilanzen der Statistik Austria übernommen.

Tabelle 21: Im Modell explizit abgebildete Energieträger (Basis: Bundesländer-Energiebilanzen der Statistik Austria)

elektrische Energie	Benzin	Naturgas	Wasserkraft
Braunkohle	Diesel	Heizöl extraleicht	Umgebungswärme
Braunkohle-Briketts	Kerosin	Heizöl	Brennholz
Steinkohle	Erdöl	Flüssiggas	Windkraft u. Photovoltaik
Koks	Brennbare Abfälle	Gichtgas	Sonstiger Raffinerieeinsatz
Brenntorf	Fernwärme	Kokereigas	Biogene Brenn- u. Treibstoffe

Quelle: eigene Darstellung

Um eine differenzierte Analyse bzw. detailliertere Simulationen der ökonomischen Zusammenhänge in Oberösterreich zu erhalten, werden neben dem Aggregat der privaten Haushalte 12 verschiedene Wirtschaftssektoren modelliert:

Überblick zu den Wirtschaftssektoren:

- Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Fischzucht
- Bergbau und Gewinnung von Steinen u. Erden
- Sachgütererzeugung
- Energie- und Wasserversorgung
- Bauwesen
- Handel und Reparatur von Kfz u. Gebrauchsgütern
- Beherbergungs- und Gaststättenwesen
- Verkehr und Nachrichtenübermittlung
- Kredit- und Versicherungswesen
- Realitätenwesen und Unternehmensdienstleistungen

- Öffentliche Verwaltung, Sozialversicherung, Exterritoriale Organisationen
- Sonstige Dienstleistungen (Unterrichtswesen, Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen, Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen)

Nachdem die Nutzung von Energie in den meisten Fällen eine umweltpolitische Relevanz mit sich zieht, beinhaltet MOVE auch ein Emissionstool, mit dem die Veränderungen der Luftschadstoff-Emissionen aufgrund von Änderungen in der energetischen Nutzung in Oberösterreich errechnet werden können. MOVE ermöglicht somit die Analyse von Kohlendioxid-, Schwefeldioxid-, Methan-, Lachgas- und Stickoxidemissionen sowie von Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (außer Methan) durch den Verbrauch bzw. die Produktion von Energie.

Mit allen Modulen, die MOVE umfasst, ergeben sich durchaus verschiedene Anwendungsbereiche des Modells. So kann beispielsweise simuliert werden, welche ökonomischen Auswirkungen eine Gaspreiserhöhung mit sich zieht, welche Effekte eine bestimmte Investition in der Sachgüterproduktion ergibt, welche Konsequenzen eine Zinssatzsenkung auf die oberösterreichische Wirtschaft hat oder welche ökonomischen Veränderungen durch eine spezifische Abgabensenkung verursacht werden.

Eine große Herausforderung bei der Konstruktion eines Regionalmodells wie MOVE ist die Verarbeitung und Modifizierung der im Vergleich zur nationalen Ebene nur begrenzt vorhandenen Daten. Zum einen werden viele Datenreihen nicht auf regionaler Basis erhoben, zum anderen existieren keine durchgehenden Zeitreihen auf Bundesländerebene. Diese Fakten haben die Konsequenz, dass die Bildung von Regionalmodellen nicht exakt vergleichbar ist mit der Erstellung eines Nationalmodells. Die Restriktionen in der Datenlage erfordern einen Abgleich zwischen ökonomischer Theorie und der spezifischen Datensituation von Variablen. Aus diesem Grund sowie aus Gründen der Modellerstellung verlangt die Konstruktion eines Regionalmodells mehr als die einfache und simple Zusammensetzung der Einzelgleichungen zu einem Gesamtmodell. In vielen Fällen bildet zwar eine Einzelgleichung die historischen Zusammenhänge sehr gut ab, kann jedoch der dynamischen Struktur eines Modells nicht gerecht werden. Die Konstruktion von Modellen stellt somit einen diffizilen und sehr umfangreichen Prozess von Evaluierungen zwischen verschiedenen theoretischen und ökonometrischen Aspekten dar. Im Speziellen ist ein trade-off zwischen theoretischen Paradigmen und innovativer statistischer sowie ökonometrischer Herangehensweise notwendig, wenn die Qualität der vorhandenen Daten nicht optimal ist. Die Inkludierung einer Variable in eine Schätzgleichung kann etwa aus diesen Gründen trotz negativer statistischer Tests aus Gründen der Modellstruktur erforderlich sein.

Nachdem MOVE neben der makroökonomischen Abbildung der oberösterreichischen Volkswirtschaft einen besonderen Schwerpunkt auf Energie legt, bedarf es der Heranziehung der Bundesländer-Energiebilanzen der Statistik Austria. Diese Bilanzen enthalten einen relativ breiten Datensatz, allerdings ist das früheste verfügbare Jahr der Zeitreihen das Jahr 1988. Somit muss im Modell mit relativ restriktiven Zeitreihenlängen gearbeitet werden, woraus einige ökonometrische Probleme aufgrund der geringen Freiheitsgrade entstehen können. Aus diesem Grund wird in MOVE die Mehrzahl der Schätzgleichungen nicht mit einka-

chen linearen Schätzungen abgebildet, sondern mit *Seemingly Unrelated Regressions* (SUR). Diese Schätzmethode erlaubt die Aggregation verwandter Gleichungen und somit die Bildung von Schätzungen mit einer erheblichen Ausweitung der Freiheitsgrade, wodurch die erwähnten statistischen Probleme gelöst werden können.

6.7 Dachflächenausmittlung und Ermittlung der Wärmebelegung in den Gebieten von Freistadt

Auf den nachfolgenden Seiten folgen:

Karte 1: Dachflächenausmittlung

Plan 1: Potenzielle Versorgungsgebiete

Plan 2: Wärmebelegung nach Versorgungsgebieten

Karte 1: Dachflächenausmittlung



ID	Gebäude	Eignung	Neigung [°]	Exposition	Wahre Fläche [m²]
2	Hauptgebäude	1	50	Süd	146
15	Juchee/Mannschaftsräume	1	22	Süd	200
20	Vollguthalle	1	10	Süd	450
24	Schuppen Nord	1	5	Nord	125
26	Schuppen Nord	1	5	Süd	125
28	Hauptgebäude	1	50	Süd	126
18	Flaschenhalle	2	12	West	390
19	Flaschenhalle	2	12	Ost	375
gesamt:					1940

Legende

Exposition

■ Nord
■ Ost
■ Süd
■ West

Eignung

 1 - sehr gut
 2 - gut

FB-Vision 2020

Energieversorgung BRAUCOMMUNE IN FREISTADT

Karte 1: Dachflächenausmittlung

Darstellung und Bewertung der Dachflächen hinsichtlich der Eignung für Sonnenenergienutzung

Wien, August 2009

Programmverantwortung:

Programmmanagement:

Antragsteller:

Planverfasser:

Datenquellen:

Maßstab:

Klima- und Energiefonds

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft

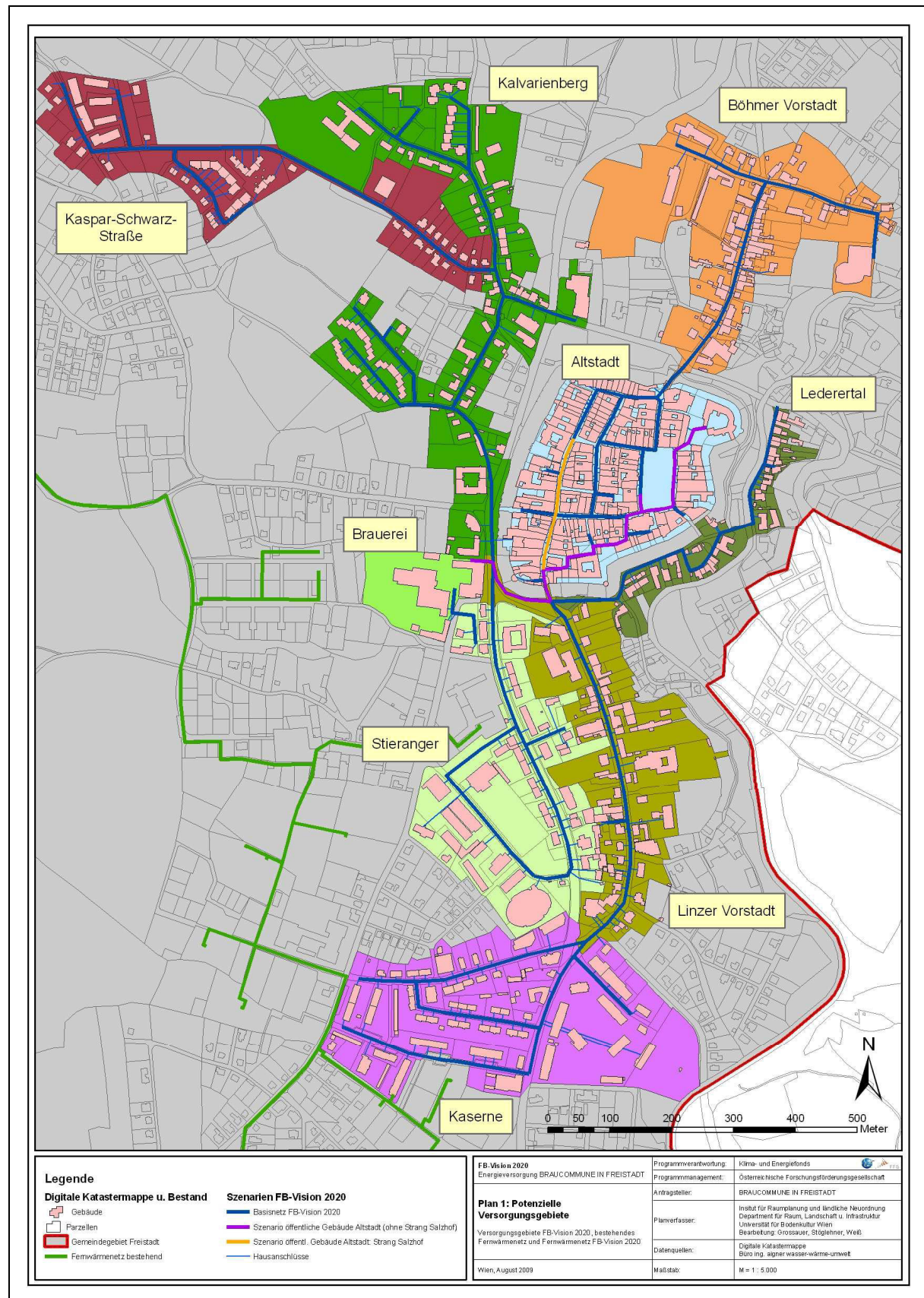
BRAUCOMMUNE IN FREISTADT

Institut für Raumplanung und ländliche Neuordnung
Department für Raum, Landschaft u. Infrastruktur
Universität für Bodenkultur Wien
Bearbeitung: Grossauer, Stöglener, Weiß

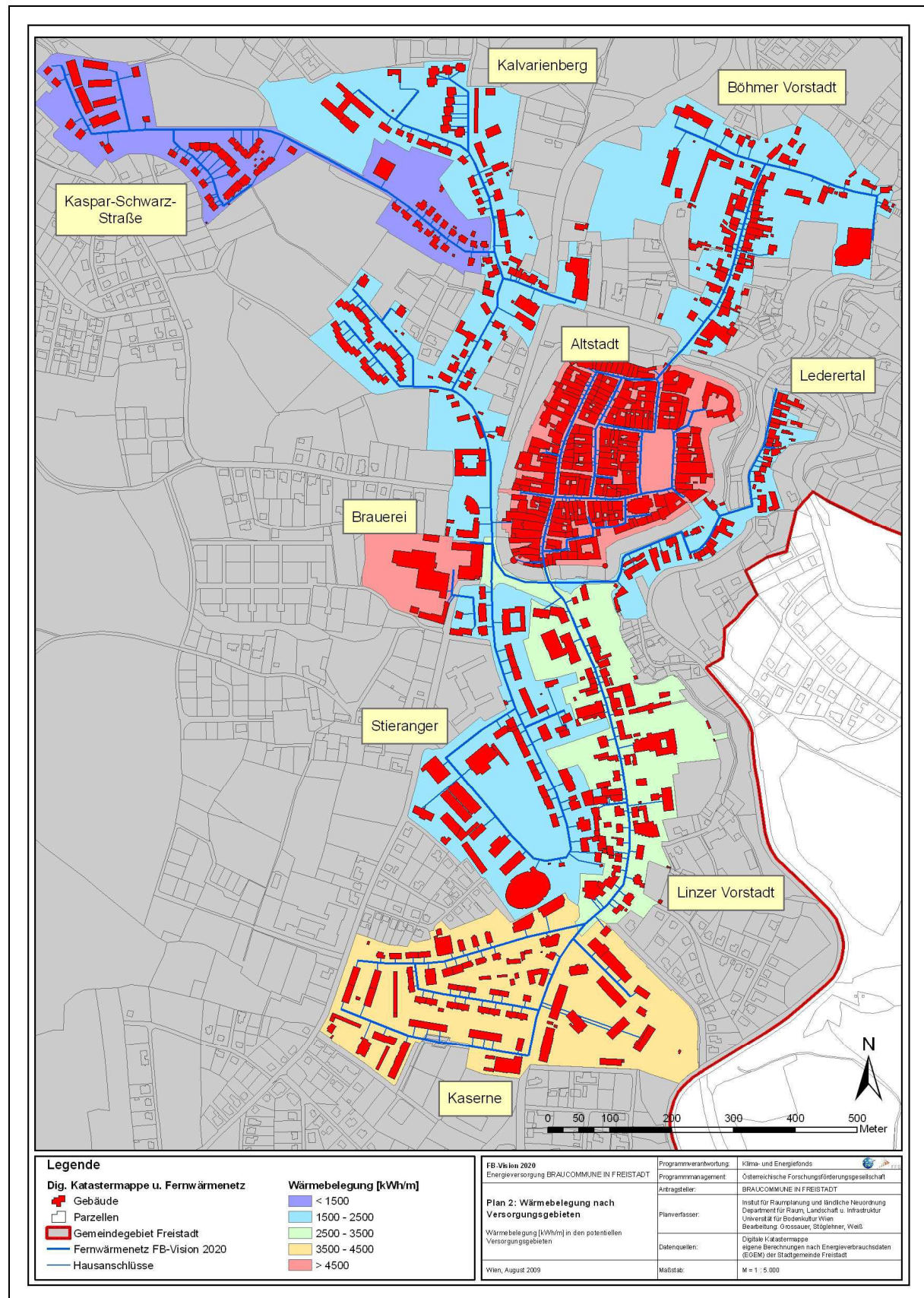
Stadtgemeinde Freistadt (Orthofoto)
eigene Berechnungen

M = 1 : 1.000

Plan 1: Potenzielle Versorgungsgebiete



Plan 2: Wärmebelegung nach Versorgungsgebieten



6.8 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Verfahrensfließbild der Brauerei Freistadt.....	13
Abbildung 2: Maximalstruktur Braucommune Freistadt inklusive Wärmeversorgung der Altstadt.....	19
Abbildung 3: Szenario 1a: Technologienetzwerk des BAU bei kontinuierlicher Prozessführung	23
Abbildung 4: Szenario 1b: Technologienetzwerk des BAU bei diskontinuierlichem Betrieb ..	24
Abbildung 5: Szenario 2a: Optimales Technologienetzwerk bei kontinuierlichem Betrieb mit Biogaseinsatz.....	25
Abbildung 6: Szenario 2b: Optimales Netzwerk bei diskontinuierlichem Betrieb mit Biogaseinsatz.....	26
Abbildung 7: Szenario 2b: Wärmebereitstellung bei diskontinuierlichem Betrieb mit Biogaseinsatz, optimales Technologienetzwerk	27
Abbildung 8: Szenario 3a: Optimales Netzwerk bei kontinuierlichem Betrieb ohne Biogaseinsatz.....	28
Abbildung 9: Szenario 3b: Optimales Netzwerk bei diskontinuierlichem Betrieb ohne Biogaseinsatz.....	29
Abbildung 10: Szenario 3b: Wärmebereitstellung bei diskontinuierlichem Betrieb ohne Biogaseinsatz.....	29
Abbildung 11: Vergleich der jährlichen Kosten während und nach einer Abschreibungszeit von 10 Jahren bei diskontinuierlicher Prozessführung	31
Abbildung 12: BAU- Szenario für das System Brauerei und Altstadt Freistadt.....	32
Abbildung 13: Szenario 5: Optimales Technologienetzwerk mit Mengen- und Energieflüssen für die Brauerei und die Altstadt Freistadt.....	33
Abbildung 14: Szenario 5: Wärmebereitstellung für die Brauerei im optimalen Technologienetzwerk	34
Abbildung 15: Wärmebereitstellung mit einem 4.200 kW ORC für die Altstadt von Freistadt im optimalen Technologienetzwerk	35
Abbildung 16: Szenario 6: Braucommune und Altstadt von Freistadt ohne Verwendung fossiler Energieträger	36
Abbildung 17: Szenario 6: Wärmebereitstellung für die Brauerei ohne Verwendung fossiler Energieträger	36

Abbildung 18: Szenario 7: Braucommune und Altstadt von Freistadt ohne Verwendung fossiler Energieträger und ohne Biogas.....	37
Abbildung 19: Szenario 8: Technologienetzwerk für Brauerei und Altstadt von Freistadt bei einem erhöhten Wärmebedarf der Stadt um 10%.....	38
Abbildung 20: Wärmebereitstellung für die Brauerei bei einem erhöhten Wärmebedarf der Stadt um 10%.....	38
Abbildung 21: Wärmebereitstellung für die Stadt Freistadt bei einer theoretischen Erhöhung des Wärmebedarfs um 10%	39
Abbildung 22: Vergleich der jährlichen Kosten während und nach einer Abschreibungszeit von 10 Jahren für die Szenarien eines Technologienetzwerkes Brauerei und Freistädter Altstadt.....	41
Abbildung 23: Gegenüberstellung von Kosten und Fußabdruck der Brauerei-Szenarien in Relation zu einer Prozessführung der Brauerei nach BAU	49
Abbildung 24: Gegenüberstellung von Kosten und Fußabdruck der Brauerei-Altstadt-Szenarien in Relation zu einer Prozessführung der Brauerei nach BAU.....	50
Abbildung 25: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Biogaseinsatz	53
Abbildung 26: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Biogaseinsatz	55
Abbildung 27: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt.....	60
Abbildung 28: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt (Finanzierung durch Kreditaufnahme).....	62
Abbildung 29: volkswirtschaftliche Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt ohne dem Einsatz fossiler Energieträger	64
Abbildung 30: Erklärung der Graphen in der P-Graph-Methode	74
Abbildung 31: Ökologische Einflussfaktoren, die in die Berechnung des SPI im Programm SPIONExcel zur Berechnung des ökologischen Fußabdrucks eines Produktes einfließen	78
Abbildung 32: Input/Output Darstellung der Technologien inklusive Investitionskosten und SPI	79
Abbildung 33: Produktionsablauf der NAWARO-Anlage in Freistadt inklusiver potenzieller Nutzung des Biogases in der Brauerei	82
Abbildung 34: Darstellung der möglichen Leitungstrasse für den Transport des Biogases ...	82
Abbildung 35: Übersicht zu den Modulen von MOVE	85

Karte 1: Dachflächenausmittlung	89
Plan 1: Potenzielle Versorgungsgebiete	90
Plan 2: Wärmebelegung nach Versorgungsgebieten	91

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Produktionsdaten der Brauerei Freistadt im Jahr 2007	10
Tabelle 2: Verbrauch an Energieträgern und Anteil am Gesamteinsatz im Jahr 2007	11
Tabelle 3: Gesamte Schadstoffemissionen der Brauerei Freistadt pro Jahr.....	11
Tabelle 4: theoretischer Wärmebedarf und Berechnung der Spitzenlast für die Brauerei für die Prozessführung mit dem neu geplanten Sudhaus.....	16
Tabelle 5: Technologien für die PNS-Eingabe	17
Tabelle 6: Gesamtinvestitionskosten und jährliche Gesamtkosten der Szenarien.....	40
Tabelle 7: Verbrauch und Wärmebelegung der Versorgungsgebiete.....	45
Tabelle 8: Benötigte Waldfläche je Versorgungsgebiet.....	45
Tabelle 9: Ökologische Bewertung der Szenarien	47
Tabelle 10: Gegenüberstellung von Kosten der Brauerei-Szenarien.....	48
Tabelle 11: Gegenüberstellung von Kosten der Brauerei-Altstadt-Szenarien.....	50
Tabelle 12: Zentrale makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Biogaseinsatz.....	54
Tabelle 13: makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks ohne Biogaseinsatz	56
Tabelle 14: Zentrale makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt	59
Tabelle 15: Zentrale makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt (Finanzierung durch Kreditaufnahme).....	61
Tabelle 16: Zentrale makroökonomische Auswirkungen der Umsetzung des optimalen Netzwerks mit Einbindung der Wärmeversorgung der Freistädter Altstadt ohne dem Einsatz fossiler Energieträger	63
Tabelle 17: Rohstoffpreise für die Prozessnetzwerksynthese.....	78
Tabelle 18: Eingangsdaten der PNS.....	80

Tabelle 19: Verbrauchsdaten als Grundlage für die PNS-Eingabe	83
Tabelle 20: Eckdaten des Modells	85
Tabelle 21: Im Modell explizit abgebildete Energieträger (Basis: Bundesländer- Energiebilanzen der Statistik Austria)	86

IMPRESSUM

Verfasser

Braucommune in Freistadt

Ewald Pöschko

Richard Grasmück

Brauhausstraße 2, 4240 Freistadt

Tel: 07942/75777

E-Mail: office@freistaedter-bier.at

Web: www.freistaedter-bier.at

Projektpartner

P1. Institut für Prozess- und Partikeltechnik
TU Graz (IPPT)

Michael Narodoslawsky

Michael Eder

Nora Niemetz

Nora Sandor

P2. Institut für Raumplanung und ländliche
Neuordnung; Boku Wien (IRUB)

Michael Weiss

Franz Grossauer

Gernot Stöglehner

P3. Energieinstitut an der Johannes Kepler
Universität Linz GmbH (EI)

Horst Steinmüller

Karin Fazeni

Johannes Lindorfer

Andreas Ratzinger

Robert Tichler

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die
Weiternutzung der hier enthaltenen
Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH